



TUGAS AKHIR - ME141501

ANALISA DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA KITE SAIL UNTUK APLIKASI PADA KAPAL

ZAKI RIZQI FADHLURRAHMAN
NRP 4213 100 011

Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji M.M, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



SKRIPSI ME 141501

**ANALISA DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA KITE SAIL UNTUK
APLIKASI PADA KAPAL**

**Zaki Rizqi Fadhlurrahman
(4213100011)**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Amiadji M.M, M.Sc.
(1961 0324 1988 03 1001)**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



THESIS ME 141501

**ANALYZE OF FLUID FLOWS DISTIRBUTION FROM KITE SAIL FOR
APPLICATION ON SHIP**

**Zaki Rizqi Fadhlurrahman
(4213100011)**

**ADVISOR :
Ir. Amiadji M.M, M.Sc.
(1961 0324 1988 03 1001)**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA KITSAIL UNTUK APLIKASI
PADA KAPAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
ZAKI RIZQI FADHLURRAHMAN
NRP. 4213 100 011

Disetujui Dosen Pembimbing Tugas akhir :

Ir. Amiadji M.M, M.Sc
1961 0324 1988 03 1001

()

**SURABAYA
JULI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA KITSAIL UNTUK APLIKASI PADA KAPAL

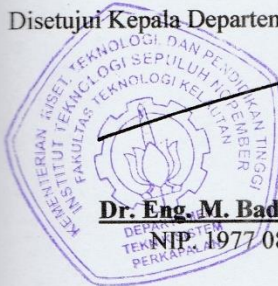
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ZAKI RIZQI FADHLURRAHMAN
NRP. 4213 100 011

Disetujui Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

**SURABAYA
JULI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA KITE SAIL UNTUK APLIKASI PADA KAPAL

Nama Mahasiswa : Zaki Rizqi Fadhlurrahman
NRP : 4213 100 011
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Amiadji M.M, M.Sc.

Abstrak

Bertambahnya jumlah kapal yang beroperasi mengakibatkan tingginya polusi udara yang diakibatkan hasil pembakaran dari engine yang dimiliki kapal. Usaha dalam memanfaatkan energy alternative untuk mengurangi konsumsi bahan bakar oleh engine telah dilakukan, salah satunya ialah menggunakan energy alternative tak terbatas yaitu angin laut yang dimana salah satu bentuk aplikasinya adalah penggunaan layar kapal yang baru baru ini muncul inovasi baru berupa penggunaan kite sail sebagai alat bantu propulsi kapal. pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui distribusi aliran fluida hingga timbul gaya aerodinamika yang dihasilkan layar dan daya yang dihasilkan, dengan metode CFD yang menggunakan 3 bentuk desain kite sail dengan variasi bentuk dan ukuran rectangular (8 m x 20 m) ,triangular (11.8 m x 19.5 m) ,dan elipsical (8.6 m x 23.7 m) yang dimulasikan pada variasi kecepatan angin 13.4 m/s hingga 15.82 m/s dan variasi angel of Attack sebesar 15,20, dan 25. Dari variasi tersebut didapat total aerodynamic force yang dihasilkan mampu mencapai 28.73 kN pada bentuk rectangular, 30.79 kN dari bentuk Elipsical, dan 27.55 kN dari bentuk Triangular, pada variant Angel of attack 25. Dari besar gaya yang dihasilkan, masing – masing bentuk kite sail mampu menghasilkan daya pada kite sail rectangular hingga sebesar 263.02 kW , elipsical 276.75 kW, dan triangular 252.63 kW. Dimana aplikasi kite sail elipsical yag meiliki daya terbesar cukup memiliki efek signifikan pada kapal dengan kebutuhan daya dibawah 1500 kW

Kata Kunci – Energi alternative, Kite Sail, Aerodynamic Force, metode CFD,

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYZE OF FLUID FLOWS DISTIRBUTION FROM KITE SAIL FOR APPLICATION ON SHIP

Student Name : Zaki Rizqi Fadhlurrahman
NRP : 4213 100 011
Department : Marine EGINEERING Department
Advisor : Ir. Amiadji M.M, M.Sc.

Abstract

The increasing number of operating vessels resulted in high air pollution resulting from the combustion of the ship's engine. Enterprises in the use of alternative energy to reduce fuel consumption by the engine has been done, one of which is to use unlimited alternative energy that is the sea breeze where one of the application is the use of the new ships Sail new innovations , kite sail as a auxiliary system for Propulsion of ship. In this final project aims to find out the distribution of fluid flow to arise the aerodynamic forces generated by the kite Sail and the generated power, using CFD method which uses 3 forms of kite sail design with variation of rectangular shape (8 mx 20 m), triangular size (11.8 mx 19.5 M), and ellipsical (8.6 mx 23.7 m), which is varied on wind velocity variations of 13.4 m / s to 15.82 m / s and angel of attack variations of 15.20 and 25. From these variations obtained the total aerodynamic force produced can achieve 28.73 kN in rectangular shape, 30.79 kN of Elipsical form, and 27.55 kN of triangular form, on variant Angel of attack 25. From the resulting force, each of the kite sail forms capable of generating power at the kite sail rectangular up to 263.02 kW , Ellipsical 276.75 kW, and triangular 252.63 kW. Where the elipsical kite sail that produced greatest power has enough significant effect on the ship with power requirements below 1500 kW

Keywords – alternative energy, Kite Sail, Aerodynamic Force, CFD method,

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT. Yang maha pengasih lagi maha penyayang, yang selalu membantu dikala bingung dan gundah. Serta tidak lupa ucapkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW. Berkat usaha dan doa tidak lupa bantuan dari segala pihak, akhirnya tugas akhir dengan judul “ANALISA DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA KITE SAIL UNTUK APLIKASI PADA KAPAL” ini dapat diselesaikan. Tujuan dari penulisan ini ialah sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana di ITS Surabaya

Tidak lupa diucapkan terima kasih sebanyak – banyaknya untuk semua pihak yang telah membantu penulis hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Dimana pihak ini ialah orang – orang yang selalu memberikan dukungan positif terhadap penulis, maka diucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu, Bapak, dan kedua saudari penulis dan segenap keluarga besar yang selalu memberi dukungan baik doa yang tiada hentinya maupun materi dalam memenuhi kebutuhan selama ini.
2. Bapak Ir. Amiadji M.M, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memeriksa dan memberikan masukan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Badruz Zaman selaku ketua jurusan teknik sistem perkapalan ITS Surabaya beserta jajaran dosen teknik Sistem perkapalan ITS Surabaya
4. ME Care yang senantiasa memberika informasi ter update mengenai info tugas akhir
5. Teman – teman seperjuangan satu bimbingan dosen dan juga yang mengambil tugas akhir tahun ini
6. Teman teman angkatan BARAKUDA 2013 yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kebaikan bersama
7. Teman – teman dari lab computer untuk segala masukan dan bantuan baik software maupun sumber referensi judul tugas akhir
8. Teman teman satu kosan yang menemani penulis dikala penulis butuh hiburan dan tempat menyampaikan problem.
9. Dan semua pihak yang telah membantu namun tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi kemajuan penelitian dalam tugas akhir ini. Akhir kata, semoga Allah SWT . melimpahkan berkah dan rahmat-Nya bagi kita semua. Semog laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi yang membacanya. Amin

Surabaya, 18 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI	III
DAFTAR GAMBAR	V
DAFTAR TABEL	VII
BAB I PENNDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Manfaat Tugas Akhir	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kite sail	3
2.2 Skema Sistem Kite Sail	4
2.3 Gaya yang Bekerja Pada Kite Sail.....	6
2.4 Gaya Aerodinamik pada Kite	7
2.5 NACA Airfoil Series	9
2.6 Pengaruh Kite Sail Terhadap Arah Gerak Kapal.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Studi Literatur	14
3.2 Menentukan Variabel Penelitian.....	14
3.3 Perancangan 3D Kite Sail	14
3.4 Simulasi CFD.....	15
3.5 Analisa Data dan Pembahasan.....	15
3.6 Kesimpulan dan Saran	15
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Penentuan Variabel	17
4.1.1 Kecepatan Angin	17
4.1.2 Besarnya Sudut arah Datangnya Angin (sudut serang)	19
4.1.3 Variasi Sudut Kite Sail Terhadap kapal.....	20
4.1.4 Sudut serang angin (angle of Attack (α)).....	21
4.2 Desain model kite dan profil NACA	22
4.2.1 Geometry dari kite	22
4.3 Simulasi CFD.....	27
4.3 Analisa Data.....	35
4.4.1 Perbandingan Lift Force masing – masing bentuk kite foil.....	40
4.4.2 Perbandingan Drag Force masing – masing bentuk kite foil.....	42

IV

4.4.3	Perbandingan Total Aerodynamic Force bentuk kite foil.	44
4.4.4	Efek penambahan kecepatan pada kapal	46
4.4.5	Pengaruh terhadap direksi kapal	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN.....		55
PROFIL PENULIS.....		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kite sail (skysail,2008)	3
Gambar 2.2 . Pembagian Subsystem propulsi kite sail. (<i>Stephan Brabeck, 2008</i>)	4
Gambar 2.3 . komponen launch and recovery system(<i>Falko Fritz,2013</i>)	5
Gambar 2.4 . komponen flying System (<i>Falko Fritz,2013</i>)	6
Gambar 2.5 . gaya yang terjadi pada towing kite (<i>Nicolae Grosan, 2011</i>)	7
Gambar 2.6 . gaya Tarik aerodinamik dan tegangan pada kabel.(<i>Nicolae Grosan, 2011</i>).....	7
Gambar 2.7 Profil Geometry dari NACA Airfoil (wikipedia.com)	9
Gambar 2.8. Flight Envelope (Peter Naaijen,2013)	10
Gambar 2.9. FE pada kapal saat bow quartering wind (Peter Naaijen,2013) ...	11
Gambar 2.10 . Proyeksi Taf pada water plan (<i>Nicholas Grosan,2015</i>).....	11
Gambar 3.1 . bagan Metodologi Penelitian	13
Gambar 4.1. Kecepatan angin tiap ketinggian	17
Gambar 4.2. Peta arah dan area dengan kecepatan angin tertentu (www.windfinder.com).....	18
Gambar 4.3. Indicator warna penentu kecepatan angin pada peta cuaca (www.windfinder.com).....	18
Gambar 4.4 . rute pelayaran dan arah angin (windfinder.com).....	19
Gambar 4.5. pengaruh arah datangnya ngina pada kite sail	20
Gambar 4.6. Sudut Antara Kapal dengan Kite Sail.....	20
Gambar 4.7. Angle of Attack	21
Gambar 4.8. Geometri dari kite (www.grc.nasa.gov)	22
Gambar 4.9.contoh desain 3D dari layar tipe (a) rectangular, (b) elipsical, (c) triangular. (surfplan).....	22
Gambar 4.9 . bentuk Profil NACA 6409.....	24
Gambar 4.10 . penentuan luasan dan aspect ratio yang digunakan untuk tiap bentuk kite	24
Gambar 4.11 . contoh bentuk 2D plan dari kite foil Elipsical.....	24
Gambar 4.12 . contoh hasil import titik koordinat airfoil NACA 6409	25
Gambar 4.13 . titik koordinat airfoil NACA 6409 yang telah disambung.	25
Gambar 4.14 . penyusunan profil airfoil sesuai dengan ukuran panjang ribs. ...	26
Gambar 4.15 . model 3d rectangular kite menggunakan rhino (20 x8) m	26
Gambar 4.16 . model 3d Triangular kite menggunakan rhino	27
Gambar 4.17 . model 3d Elipsical kite menggunakan rhino.	27
Gambar 4.18 . model 3d import ke ansys.....	28
Gambar 4.19 . bentuk enclosure cilinder	29
Gambar 4.20 . hasil penggunaan boolean.....	29
Gambar 4.21. meshing result.....	30

Gambar 4.22 . input data material.....	31
Gambar 4.23 . memasukkan variable kecepatan.....	31
Gambar 4.24 . mebuat monitor lift da drag.....	32
Gambar 4.25 . distribusi tekanan pada bagian lower surface	33
Gambar 4.26 . distribusi tekanan pada bagian upper surface	33
Gambar 4.27 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 15° ..	33
Gambar 4.28 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 20° ..	34
Gambar 4.29 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 25° ..	34
Gambar 4.30 gambar arah gaya pada water plan	49
Gambar 2 . tampak 3D kite foil rectangular dengan sudut serang 15°	55
Gambar 3 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 20°	56
Gambar 4 . tampak 3D kite foil rectangular dengan sudut serang 20°	56
Gambar 5 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 25°	57
Gambar 6 . tampak 3D kite foil rectangular dengan sudut serang 25°	57
Gambar 7 . tampak samping kite foil elipsical dengan sudut serang 15°	58
Gambar 8 . tampak 3D kite foil elipsical dengan sudut serang 15°	58
Gambar 9 . tampak samping kite foil elipsical dengan sudut serang 20°	59
Gambar 10 . tampak 3D kite foil elipsical dengan sudut serang 20°	59
Gambar 11 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 25°	60
Gambar 12 . tampak 3D kite foil triangular dengan sudut serang 25°	60
Gambar13 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 15°	61
Gambar 14 . tampak 3D kite foil trianguar dengan sudut serang 15°	61
Gambar 15 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 20°	62
Gambar 16 . tampak 3D kite foil triangular dengan sudut serang 20°	62
Gambar 17 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 25°	63
Gambar 18 . tampak 3D kite foil triangular dengan sudut serang 25°	63

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 variasi kecepatan angin	19
Tabel 4.2 variasi Sudut β	21
Tabel 4.4 titik koordinat NACA 6409	23
Tabel 4.5 hasil simulasi kite foil Rectangular AoA 15°	35
Tabel 4.6 hasil simulasi kite foil Rectangular AoA 20°	35
Tabel 4.7 hasil simulasi kite foil Rectangular AoA 25°	35
Tabel 4.8 hasil perhitungan total gaya Aerodinamik pada Kite foil Rectangular	36
Tabel 4.9 hasil simulasi kite foil Elipsical AoA 15°	36
Tabel 4.10 hasil simulasi kite foil Elipsical AoA 20°	37
Tabel 4.11 hasil simulasi kite foil Elipsical AoA 25 °	37
Tabel 4.12 hasil perhitungan total gaya Aerodinamik pada Kite foil Elipsical .	37
Tabel 4.13 hasil simulasi kite foil Triangular AoA 15 °	38
Tabel 4.14 hasil simulasi kite foil Triangular AoA 20 °	38
Tabel 4.15 hasil simulasi kite foil Triangular AoA 25 °	39
Tabel 4.16 hasil perhitungan total gaya Aerodinamik pada Kite foil Triangular	39
Tabel 4.17 daya yang dihasilkan dari kite sail	45
Tabel 4.18 data kapal yang diuji	47
Tabel 4.19 hasil perhitungan cover daya.....	48
Tabel 4.20 hasil perhitungan pertambaha kecepatan.....	48
Table 4.21. besar gaya Fx dan Fy dan penyimmanngan dari kapal	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

DAFTAR GRAFIK	IX
Grafik 4.1 Perbandingan lift force pada (a) 15° (b) 20° (c) 25°	41
(c).....	43
Grafik 4.2 Perbandingan drag force pada (a) 15° (b) 20° (c) 25°	43
Grafik 4.3 Perbandingan total aerodynamic force pada semua varian kite sail .	44
Grafik 4.4 daya yang dihasilkan oleh kite sail	46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya ekonomi di bidang maritim memiliki dampak yang cukup signifikan, terutama dengan jumlah kapal niaga yang beroperasi di seluruh penjuru dunia yang jumlah semakin banyak dan berbagai ukuran. Tentunya banyaknya kapal beroperasi, maka gas buang yang dihasilkan juga semakin banyak, yang dimana kita ketahui bersama sistem propulsi yang dimiliki kapal saat ini kebanyakan menggunakan diesel engine yang dalam proses pembakaran memerlukan bahan bakar yang bersala dari olahan minyak bumi berupa Marine Diesel Oil (MDO), Marine Diesel Fuel (MDF) , maupun Heavy Fuel Oil (HFO) yang saat digunakan akan menghasilkan gas buang .

gas buang yang dihasilkan tersebut terdiri dari CO₂ dan beberapa gas yang dimana bersifat polutan. Semakin efektif pembakaran yang terjadi, maka akan semakin banyak unsur karbon yang dihasilkan, dan menjadi penyebab terjadi penipisan lapisan ozon yang menyebabkan terjadinya fenomena Global Warming yang mulai terjadi akhir akhir ini. Sejak berlakunya aturan mengenai polusi udara dalam regulasi MARPOL, maka banyak orang berlomba mencari cara yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Cara-cara bisa seperti menggunakan bahan bakar alternatif, perubahan bentuk kapal untuk mengurangi tahanan, atau juga menggunakan sistem propulsi gabungan atau biasa dikenal dengan sistem propulsi hybrid.

salah satu cara klasik yang digunakan untuk membuat kapal beroperasi adalah memanfaatkan angin, dalam hal ini adalah penggunaan layar di kapal. Cara ini sudah diterapkan sebelum muncul sistem propulsi bertenaga uap. Sistem ini ramah lingkungan karena murni memanfaatkan angin dan tidak menghasilkan polutan. setelah muncul mesin uap dan mesin diesel, layar masih tetap digunakan namun cenderung untuk kapal dengan ukuran kecil. Sejalan dengan berkembangannya teknologi , jenis dan bentuk layar semakin beragam, dan mulai diaplikasikan dengan kapal dengan ukuran besar yang dikopelkan dengan diesel engine sehingga menambah thrust yang dimiliki kapal yang berdampak kapla memiliki kecepatan lebih tinggi, sehingga untuk beroperasi pada kecepatan service kapal bisa mengurangi kerja dari engine dan menghemat bahan bakar yang secara tidak langsung juga mengurangi karbon yang dihasilkan. Umumnya jenis layar yang digunakan adalah jenis Wing sail , namun saat ini telah dikembangkan juga Kite Sail yang mampu beroperasi di ketinggian dengan kecepatan angin yang lebih konsisten.

Kemampuan kite sail untuk menghasilkan gaya dorong dihasilkan dari fenomena aliran fluida yang mengalir melewati kite sail sehingga timbul gaya lift dan gaya drag, dimana gaya lift adalah gaya angkat yang timbul akibat perbedaan tekanan, sedangkan adalah hambatan yang diberikan angin terhadap foil . apabila digunakan pada kapal, maka resultan antara gaya lift dan drag tadi terhadap arah kapal, akan menghasilkan gaya yang mampu menarik kapal agar bergerak lebih cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Perumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

- Bagaimana distribusi aliran fluida yang terjadi ?
- Bagaimana pengaruh variasi bentuk kite sail terhadap gaya lift dan drag yang dihasilkan ?
- berapa daya yang dihasilkan oleh kite sail pada aplikasi propulsi pada kapal ?
- Seberapa besar pengaruh kite sail ketika digunakan pada kapal ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

- Pembuatan model menggunakan NACA seri 4 digit
- Analisa untuk aplikasi pada kapal hanya untuk tujuan propulsi kapal
- Fokuskan hanya pada layar, tidak membahas system keseluruhan dari kite sail
- Analisa distribusi aliran fluida berdasarkan pengaruh dari variasi sudut serang dan kecepatan angin

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

- Mengetahui pengaruh distirbusi fliuida yang menyebabkan kite sail terangkat
- Untuk mengetahui pengaruh bentuk dari kite sail terhadap besar gaya lift dan drag yang didapat dari tiap bentuk desain Kite Sail
- dapat mengretahui daya yang dihasilkan kite sail untuk aplikasi pada kapal terutama untuk propulsi.
- Mengetahui besarnya pengaruh yang dihasilkan oleh kite sail ketika digunakan pada kapal

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah:

- Mampu memilih bentuk kite sail yang sesuai untuk desain layar kite sail
- Inovasi yang mampu mengurangi emisi hasil pembakaran engine
- Mampu mengurangi pengurangan bahan bakar yang bisa dilakukan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

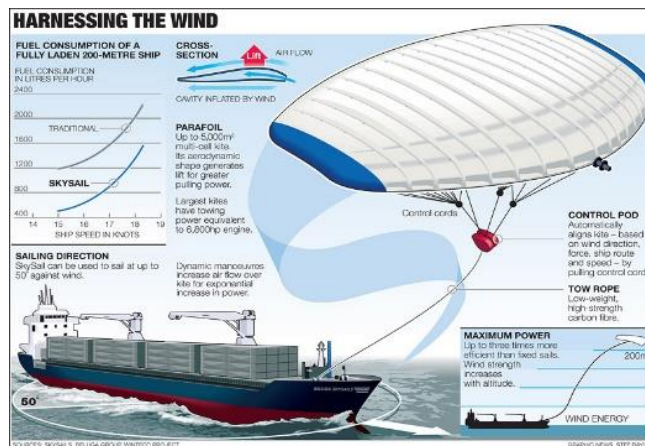
2.1 Kite sail

Kite sail atau yang lebih dikenal dengan towing kite merupakan salah satu aplikasi untuk memanfaatkan angin untuk menghasilkan energy , dimana pada kapal kite sail berfungsi sebagai salah satu sistem propulsi yang mampu memberikan daya/kecepatan tambahan pada kapal. Penggunaan kite sail tidak secara langsung mengurangi secara total penggunaan propulsi berbahan bakar, namun dikombinasikan dengan engine agar engine tidak bekerja secara maksimal, yang dimana penurunan kecepatan kapal akibat pengurangan kinerja engine mampu di cover oleh kite tersebut.

Berbeda dari layar konvensional, layar ini mampu untuk bekerja pada titik operasi yang tinggi dimana pada titik tersebut kecepatan angin lebih tinggi dan stabil, sehingga bias menghasilkan energy yang lebih besar. Berikut adalah keuntungan dari aplikasi kite sail

- Minim konstruksi tambahan ada deck kapal
- Dengan memasang sistem yang sama bisa untuk aplikasi layar yang berbeda ukuran nya
- Heeling moment yang dialami kapal lebih kecil
- Penghematan bahan bakar yang dialami bisa mencapai 35% (skysail,2008)

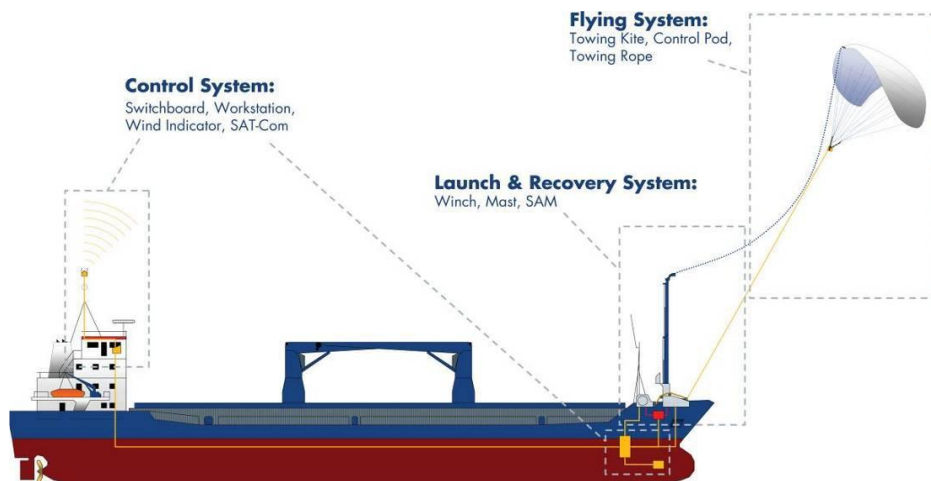
Namun tentu saja ada kekurangan yang ditimbulkan dari aplikasi kite sail ini, diantaranya tidak bisa digunakan apabila kecepatan angin tidak stabil dan juga mampu mengganggu jalur penerbangan untuk pesawat yang beroperasi ada ketinggian rendah (<300 meter)



Gambar 2.1. Kite sail (skysail,2008)

2.2 Skema Sistem Kite Sail

Kite sail sendiri tidak hanya terdiri dari towing kite, dimana ada beberapa sub sistem yang terdiri atas berbagai komponen untuk mendukung towing kite itu beroperasi sebagai sistem propulsi kite sail. secara umum komponen-komponen tersebut dikelompokkan menjadi sub sistem yang menunjang fungsi sebagai berikut, yaitu sistem control, sistem utama/sistem yang handling keperluan pada saat kite beroperasi, serta sistem untuk proses memulai operasi dan menyelesaikan operasi dari kite sail tersebut. Adapun subsistem dalam sistem propulsi kite sail sendiri adalah sebagai berikut :



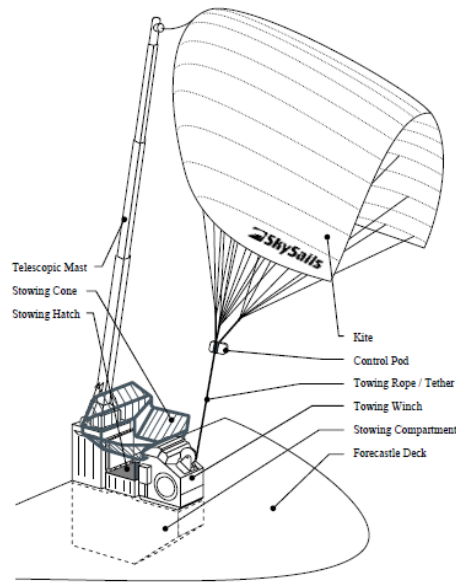
Gambar 2.2 . Pembagian Subsystem propulsi kite sail. (Stephan Brabeck, 2008)

a. Control system

Subsistem yang berfungsi untuk mengontrol komponen dari sub sistem lain seperti winch untuk mengatur panjang tali yang diperlukan untuk mengontrol operasi dari kite yang diatur menggunakan control pod yang terhubung dengan kabel listrik sebagai jalur transmisi data serta power supply, serta elevasi pada mast untuk proses launch dan recovery dari kite tersebut. Proses control itu sendiri dilakukan dari control room di kapal, yang mana komponen didalamnya antara lain switchboard, workstation, wind indicator (mengawasi kondisi angin untuk menyesuaikan operasi dari towing kite) , dan SAT-com. (Stephan Brabeck, 2008)

Ada saat digunakan para awak melakukan control dari control room. Dengan adanya sistem control ini, awak kapal mampu mengatur jalur terbang dari towing kite tersebut . segala informasi dan status operasi akan ditampilkan pada display yang menyiarkan secara real time, sehingga memudahkan crew kapal mengetahui kondisi dari towing kite, serta dengan adanya wind indicator, maka crew mampu menentukan apakah kite mampu dioperasikan atau tidak

b. Launch and Recovery System



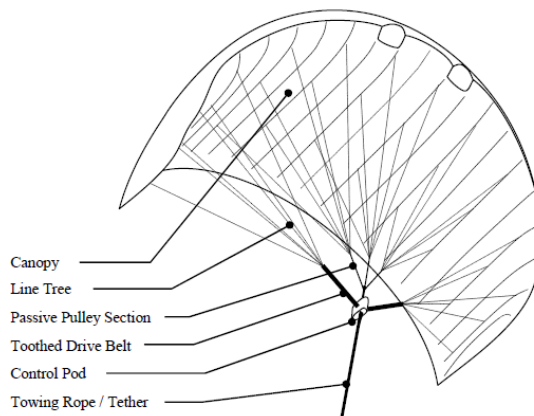
Gambar 2.3 . komponen launch and recovery system(*Falko Fritz,2013*)

Sub sistem yang berfungsi untuk melakukan penarikan towing kite hingga mencapai titik operasi dan menurunkan towing kite apabila sudah tidak digunakan . komponennya sendiri terdiri dari Winch, Mast , dan SAM. (Stephan Brabeck, 2008)

Untuk pengoperasiannya, kite sail yang terlipat diangkat dari bawah forecandle deck menggunakan telescopic mast. Saat mast sudah memanjang sepenuhnya. Kite sail yang terlipat di isi udara hingga menghasilkan bentuk layangan yang rigid. Setelah sudah berkembang hingga memberikan tahanan yang cukup ke tali, kite sail dilepaskan dan mulai naik ke ketinggian terbangnya. Ada tahap ini, gerakan bergelombang dari ujung kapal secara aktif diseimbangkan oleh towing winch untuk menjaga stabilitas pola terbang dari kite sail. Saat sampai di ketinggian operasional, kite sail akan bergerak pada pola terbang yang dinamik.

Daun untuk proses recoverynya towing kite dibuat untuk terbang dalam keadaan statis dan gaya angkat minimum, kemudian winch diutar untuk menggulung towing rope dan winch pada mast menarikan tali untuk menyangkut kite ke ujung dari mast, kemudian kite dikeluarkan dan mast diturunkan lalu layar yang sudah kempis di lipat dan disimpan pada kite storage.

a. Flying System

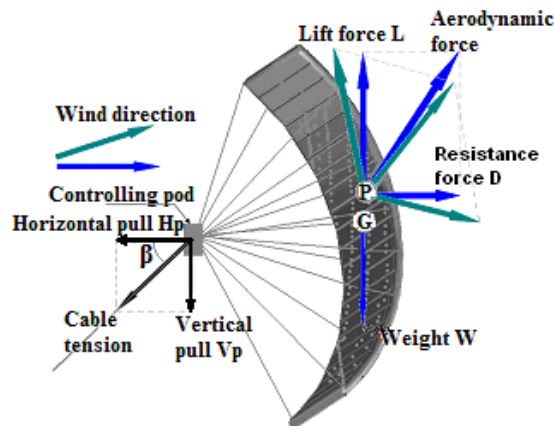


Gambar 2.4 . komponen flying System (*Falko Fritz,2013*)

Subsystem yang mana berinteraksi langsung dengan angin dan mengubahnya menjadi energy yang ditimbulkan dari gaya yang dihasilkan akibat interaksi antara towing kite dengan aliran angin. Komponen utamanya ialah canopy yang dikontrol secara komputasi. Pada tiap section dari canopy terdapat line tree yang mana menghubungkan Canopy dengan control pods. Control pods menyalurkan gaya ke towing rope, dan mengatur pola gerakan dari towing kite. Berdasarkan algoritma dari pola terbang dari towing kite, computer pada control pods mengatur motor servo mengubah posisi toothed drive belt yang terhubung pada wingtip dari towing kite, dimana saat aktivasi, satu sisi wingtip ditarik dan sisi satunya dilonggarkan. Pada saat bersamaan passive pulley section akan menggerakkan bagian tengah canopy mengikuti arah gerak wingtips. Towing rope berfungsi untuk menyalurkan gaya dari towing kite dan disertai kabel listrik sebagai over supply dan arus data ke control pod (*Falko Fritz,2013*)

2.3 Gaya yang Bekerja Pada Kite Sail

Untuk menganalisa sebuah kite sail dapat dianggap sebagai permukaan sayap yang memungkinkan penerapan tiga kekuatan prinsip yang bekerja pada layang-layang: berat, tegangan ada kabel (towing rope) , dan gaya aerodinamis. Berat W selalu bertindak dari pusat gravitasi menuju pusat bumi. Untuk Gaya aerodinamis biasanya dibagi menjadi dua komponen, yaitu gaya angkat (L), yang bertindak tegak lurus dengan angin, dan gaya drag (tahanan) D , yang bertindak searah aliran angin. Gaya aerodinamis bertindak melalui pusat tekanan. Dekat permukaan , angin dapat berputar-putar dan berhembus karena adanya turbulensi dari permukaan batas dari bumi, namun jauh dari permukaan angin akan mengalir secara konstan dan sejajar, dimana ada saat bersamaan arah gaya angkat akan berlawanan dengan gaya gravitasi /berat.

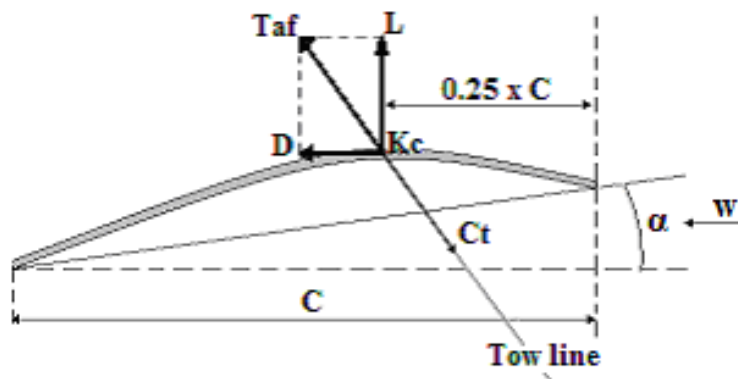


Gambar 2.5 . gaya yang terjadi pada towing kite (Nicolae Grosan, 2011)

Untuk tegangan yang dialami tali mengalir melalui control pod yang menghubungkan towing rope dengan towing kite. Tegangan tersebut dibagi menjadi dua, yaitu tarikan horizontal (horizontal pull) H_p , dan tarikan vertical (vertical pull) V_p . Dari mengetahui geometri dari kite dan kecepatan angin , maka dapat dihitung besarnya gaya lift dan drag yang dialami oleh kite.

Besar relative strength dari gaya akan menentukan gerakan dari towing kite, seperti yang dijelaskan hokum newton mengenai gerakan, ketinggian hembusan angin mengenai kite, maka gaya angkat dan gaya drag akan meningkat, kite akan terangkat karenan gaya angkat melebihi berat dan gaya tegangan akan meningkat karena gaya drag juga meningkat karena adanya perubahan krelative strength dari gaya aerodinamik dan gaya berat, maka kite akan berputar pada titik ikat (control pod) untuk menyeimbangkan torsi. (Nicolae Grosan, 2011)

2.4 Gaya Aerodinamik pada Kite



Gambar 2.6 . gaya Tarik aerodinamik dan tegangan pada kabel.(Nicolae Grosan, 2011)

Ketika angin melewati air foil, akan timbul perbedaan tekanan dan gaya yang terjadi sehingga foil tersebut akan bergerak terangkat. Dua gaya utama yang timbul tersebut ialah gaya lift dan gaya drag. Gaya lift ialah gaya angkat yang timbul akibat perbedaan tekanan antara bagian bawah foil dengan bagian atas foil dimana ketika gaya lift lebih besar dibandingkan berat dari foil maka foil akan terangkat ke udara, dimana gaya ini yang digunakan untuk aplikasi pesawat terbang. Pesawat memanfaatkan aerodinamika yaitu gaya angkat atau lift force. Hal ini berfungsi pada bagian sayapnya. Dapat kita perhatikan bahwa sayap pesawat memiliki bentuk yang airfoil. Sayap pesawat dibuat sedemikian rupa agar dapat memiliki perbedaan tekanan pada bagian atas dan bawah sayap yang dikarenakan adanya perbedaan kecepatan. Perbedaan kecepatan ini dikarenakan angin yang berada pada bagian bawah sayap memiliki luasan sayap yang lebih pendek dari pada bagian atas sayap sehingga angin atau udara yang ada di atas sayap akan memiliki kecepatan yang lebih cepat agar nantinya akan bertemu dengan udara yang di bawah sayap saat di ujung sayap. Hal ini membuat tekanan yang ada di atas sayap akan lebih kecil daripada yang ada di bawah sayap. Sehingga pesawat akan terdorong ke atas atau terangkat. Prinsip yang sama juga terjadi pada layar kapal maupun kite sail yang notabene memiliki mengadaptasi bentuk airfoil.

Untuk drag force sendiri adalah suatu gaya hambatan angin terjadi karena adanya gesekan atau adanya gaya yang menghambat karena fluida disekitarnya terutama udara. Drag force yang membantu pesawat terangkat adalah induced drag, dimana drag ini akan menahan pesawat untuk tetap terbang miring agar bisa menuju ketinggian atau altitude yang diinginkan.

Saat pesawat mulai terdorong oleh kerja mesin, ada gaya yang bekerja berlawanan atau menghambat geraknya pesawat dengan menghasilkan gaya gesek sehingga menahan laju pesawat. Drag biasa juga disebut resistance atau berlawanan. Hal yang mempengaruhi drag dalam dunia penerbangan adalah fuselage atau body pesawat itu sendiri, tetapi drag juga bisa dihasilkan oleh spoiler, flap, dan slat.

Pada aplikasi pada pesawat terbang, memang gaya drag menjadi hambatan karena arah angin yang melewati badan pesawat berlawanan arah dengan arah gerak pesawat, namun, pada aplikasi kite sail angin yang melewati kite sail akan mengikuti arah angin, sehingga arah drag searah dengan arah kapal. Sehingga resultan dari gaya lift dan drag tersebut akan menjadi gaya yang mampu menarik kapal dimana gaya tersebut dialirkan melalui towing rope ke kapal.

Pada gambar diatas ditunjukkan beberapa variabel yang digunakan untuk perhitungan untuk mencari besarnya gaya aerodinamik pada kite. Untuk penjelasannya adalah sebagai berikut (Nicolae Grosan, 2011) :

- D = resistance force
- L = lift force
- Taf = total aerodynamic force
- C = chord
- Ct = towing cable tension besarnya sama dengan Taf
- α = incidence angle of wind

w = wind velocity
 K_c = application center of forces

Untuk menghitung besarnya gaya angkat dan gaya drag, maka digunakan formula sebagai berikut :

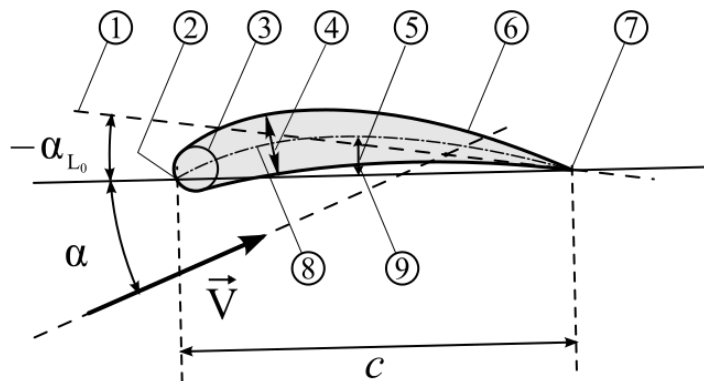
$$L = \frac{1}{2} \rho C_L W^2 A_k$$

$$D = \frac{1}{2} \rho C_D W^2 A_k$$

$$T_{af} = \sqrt{L^2 + D^2}$$

2.5 NACA Airfoil Series

NACA Airfoil merupakan bentuk foil yang menyerupai sayap pada pesawat udara, yang dikembangkan oleh National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Bentuk foil seri NACA sendiri di deskripsikan dengan menggunakan seris digit yang didahului dengan kata “NACA”. Parameter dalam kode numeric ini dapat dimasukkan dalam perhitungan untuk mendapatkan bentuk penampang foil yang tepat.



Gambar 2.7 Profil Geometry dari NACA Airfoil (wikipedia.com)

Dari gambar diatas nomor nomor tersebut memberikan penjelasan mengenai bagian - bagian dari airfoil sebagai berikut :

- 1: Zero lift line
- 2: Leading edge
- 3: Nose circle
- 4: Max. thickness
- 5: Camber
- 6: Upper surface
- 7: Trailing edge

8: Camber mean-line

9: Lower surface

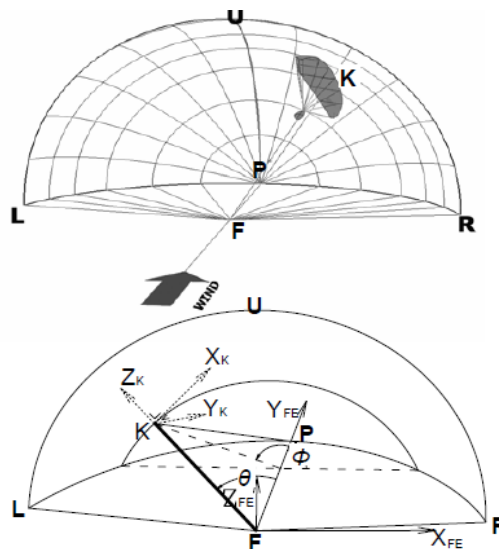
Pada tugas akhir ini akan direncanakan menggunakan model NACA seri 4 digit, adapun Cara pembacaan NACA seri 4 digit ditentukan sebagai berikut :

- Angka pertama menggambarkan besaran *chamber* maksimal yang diambil dari persentase chord.
- Angka kedua menggambarkan jarak maksimum *chamber* dari *leading edge foil* (0-10) yang merupakan persentase chord.
- Dua angka terakhir menyatakan ketebalan maksimal dari foil diambil dari persentase chord

Sebagai contoh, Seri NACA 0012 memiliki *chamber* 0% terletak 0% dari leading edge dengan ketebalan maksimal 12% dari chord. Foil dengan seri 4 digit standart tersebut memiliki ketebalan maksimal pada 30% dari chord (0.3) dari leading edge

2.6 Pengaruh Kite Sail Terhadap Arah Gerak Kapal

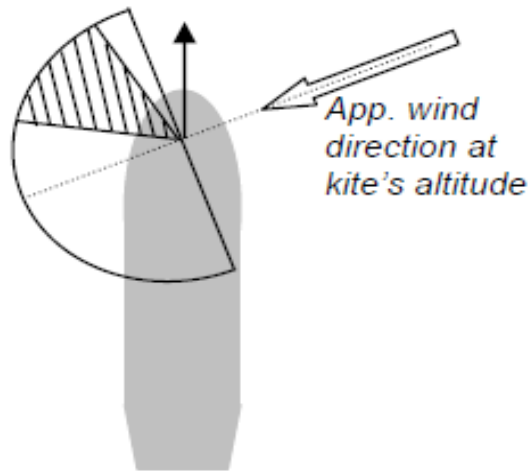
Kite bisa dipertimbangkan sebagai permukaan sayap dimana diterapkan hukum aerodinamik. Untuk menentukan lift dan drag, maka ditentukan dengan kecepatan angin relative dan sudut serang. Kesetimbangan antara tow line dengan arah gaya resutan tergantung dari posisi kite pada ruang yang disebut FE (Flight Envelope)



Gambar 2.8. Flight Envelope (Peter Naaijen,2013)

Pada aplikasi pada kapal, angin yang masuk ke dalam area FE merupakan gabungannya antara Angin laut dan angin yang dihasilkan dari kecepatan kapal saat

bergerak. Posisi dari FE terhadap arah kapal sendiri akan sedemikian rupa sehingga sudut dari FE akan tegak lurus dengan kombinasi arah angin dan kapal.

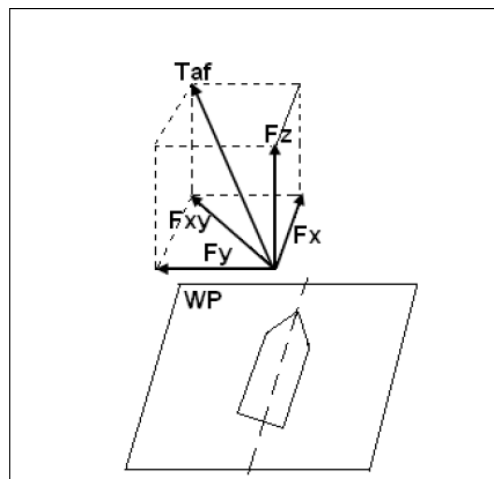


Gambar 2.9. FE pada kapal saat bow quartering wind (Peter Naaijen,2013)

Pada gambar diatas, maka bisa dilihat area horizontal operasi dari kite yang dingaruhi arah datang angin dengan mempertimbangkan arah kapal. Yang menyebabkan gaya Tarik terbesar menjadi bergeser ke area horizontal yang di arsir. Untuk posisi vertical dari kite, maka ada beberapa hal yang mampu memepengaruhi gaya Tarik maksimum :

1. Ketinggian operasi
2. Kecepatan angin pada ketinggian spesifik

Gaya Tarik tersebut apabila diproyeksikan pada water plan maka akan seperti gambar berikut :

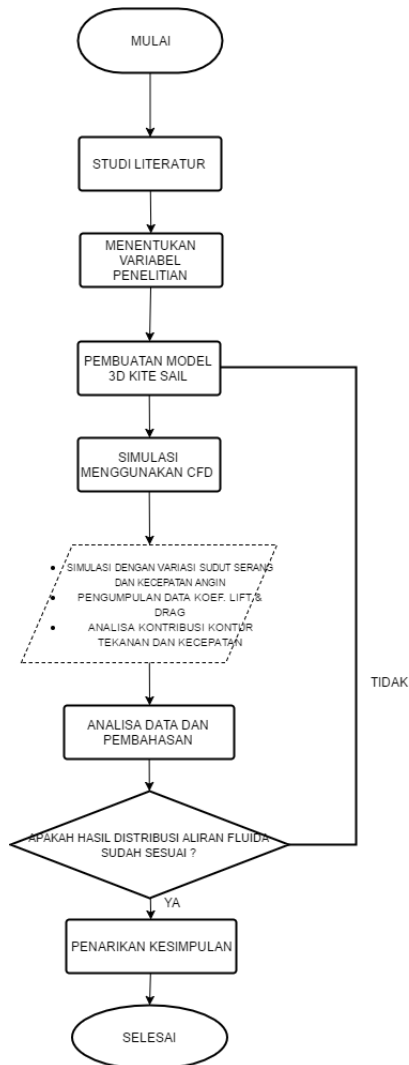


Gambar 2.10 . Proyeksi Taf pada water plan (Nicholas Grosan,2015)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 . bagan Metodologi Penelitian

Dalam pembuatan tugas akhir ini, metodologi penelitian merupakan sebuah kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Kerangka ini berisi tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Penyusunan metodologi ini dimaksud untuk mencapai tujuan tugas akhir yang telah disusun dan ditetapkan berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literature dilakukan untuk mendapatkan teori dan referensi pendukung tentang penelitian tugas akhir ini. Referensi pendukung berupa buku, jurnal, paper, maupun proceeding seminar yang berhubungan dengan sistem propulsi menggunakan layar dan desain layar. Bahasan pada studi literature antara lain jenis-jenis layar, analisa daya yang dihasilkan, aplikasi dari kite sail, dan perbandingan antara satu jenis layar dengan jenis sistem propulsi lainnya. Selain itu pada proses studi literatur mempelajari tentang hukum dasar penerbangan, terutama mengenai hukum bernoulli mengenai perbedaan tekanan. Diharapkan hasil dari proses ini didapatkan landasan yang tepat untuk menentukan desain layar yang sesuai untuk digunakan pada suatu kapal. Adapun data-data yang diambil dari study literatur antara lain :

1. prinsip kerja layar
2. Pemahaman hukum bernoulli
3. definisi dan prinsip kerja kite sail
4. Database NACA airfoil
5. Prinsip desain 3d dari air foil
6. Gaya yang bekerja pada kite sail
7. Analisa airfoil menggunakan CFD

3.2 Menentukan Variabel Penelitian

Berdasarkan hasil studi literatur maka dapat ditentukan variabel penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian tugas akhir ini. Variabel yang ditentukan meliputi variabel control, variabel terikat dan variabel bebas. Variabel-variabel tersebut ditentukan dengan membandingkan penelitian yang sudah ada dengan tujuan penelitian. Variabel tersebut antara lain:

Variabel Kontrol	: kecepatan angin, sudut serang angin
Variabel Bebas	: dimensi dari layar, seri desain dari layar, bentuk dari layar
Variabel Terikat	: gaya lift dan drag pada permukaan layar, besarnya tensi pada tali layar, gaya dorong yang dihasilkan

3.3 Perancangan 3D Kite Sail

Perancangan desain menggunakan dasar bentuk layar dari NACA series yang dimana nantinya digunakan sebagai profil dasar untuk tiap desain kite sail dengan bentuk yang berbeda yang akan dibandingkan satu sama lain dari hasil simulasi, dimensi dari layar ditentukan berdasarkan ukuran kapal referensi yang digunakan, dimensi juga bisa ditentukan berdasarkan interpolasi dari contoh kapal yang sudah menggunakan kite sail dan melihat dari dimensi ukuran layar yang digunakan. Perancangan dalam bentuk 3D menggunakan software solidworks/ Rhino 3D 5 dengan menggunakan referensi dari software Surfplan untuk mempelajari bentuk dari paraglider yang digunakan sebagai referensi pembuatan kite sail.

3.4 Simulasi CFD

Pengambilan data pada penelitian tugas akhir ini secara komputasi menggunakan CFD, dalam bentuk simulasi berupa wind tunnel. Data yang diambil adalah besar gaya lift dan gaya drag pada layar. Dalam pemodelan CFD ini, prosesnya dibagi dalam tiga tahap, yakni tahap pre-processor, flow solver, dan post-processor

3.5 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data dan pembahasan berdasarkan perhitungan dan data hasil simulasi, data perhitungan sendiri terdiri dari perhitungan tahanan kapal dari berbagai variasi kecepatan kapal, sedangkan data simulasi yang dianalisa ialah driving force dan heeling force yang mempengaruhi lift dan drag. Lalu dari data tersebut diolah untuk mendapatkan besar gaya dorong yang dihasilkan, dari data tersebut, diproses untuk dilihat bagaimana pengaruh perubahan sudut serang dan kecepatan terhadap distribusi tekanan dan kecepatan yang bisa dilihat dari konturnya. Dan untuk lebih lanjutnya bagaimana pengaruhnya terhadap arah gerak kapal.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah analisa data telah selesai dilakukan. Pengambilan kesimpulan dilakukan dalam tugas akhir ini bertujuan untuk menentukan desain layar tipe kite sail yang mampu menghasilkan gaya lift terbesar beserta analisa distribusi tekanan dan kecepatan yang dialami oleh kite sail, dan tak lupa juga pengaruh yang dihasilkan untuk aplikasi pada kapal, terutama untuk aplikasi propulsi pada kapal. Lalu pada saran ialah penjelasan pengembangan lebih lanjut yang mampu dilakukan dari judul tugas akhir ini dimana pada dasarnya sistem kite sail sendiri tidak hanya terdiri dari layar namun masih ada komponen dan teori terapan lainnya yang mampu dikembangkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

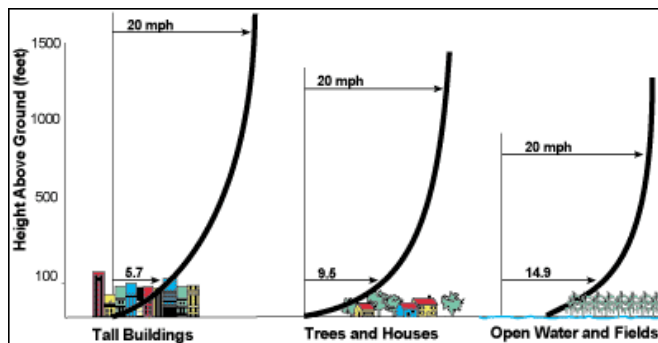
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Variabel

Tujuan utama dari tugas akhir ini ialah menganalisa bagaimana distribusi aliran fluida pada kite sail dengan hasil akhir ialah mengetahui pertambahan kecepatan yang didapat dari data gaya lift dan drag dari variasi desain kite sail yang digunakan. Berikut adalah data variabel yang perlu ditentukan sebelumnya untuk menunjang pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

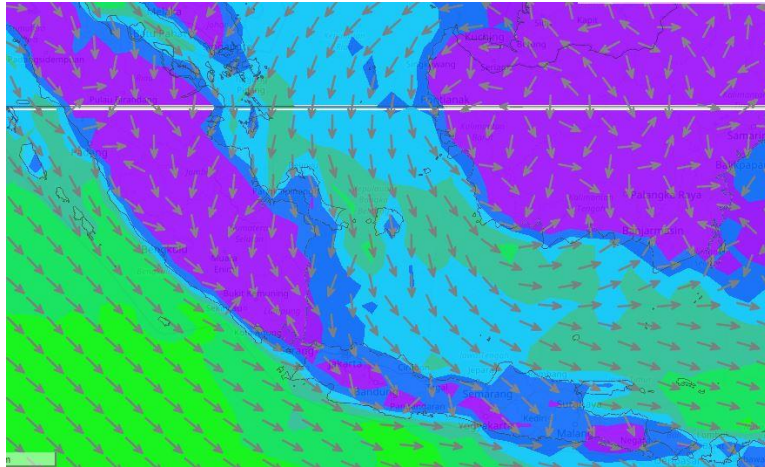
4.1.1 Kecepatan Angin

Adanya faktor kecepatan angin untuk mendapatkan nilai drag dan lift, maka perlu ditentukan variasi kecepatan angin untuk mendapatkan nilai lift dan drag yang bervariasi untuk data dibandingkan. Referensi untuk menentukan variasi belum didapatkan karena tidak adanya rute pelayaran yang ditentukan dan data kecepatan angin ada tiap ketinggian elevasi dari permukaan. Adapun kecepatan angin yang digunakan berdasarkan range kecepatan angin pada ketinggian 100m, 200m, dan 300m dpl.



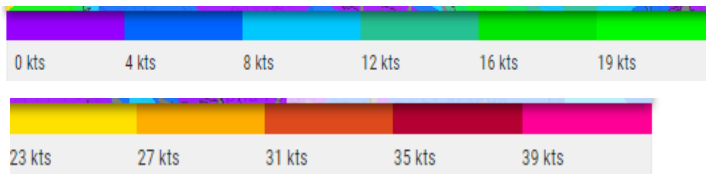
Gambar 4.1. Kecepatan angin tiap ketinggian

Untuk menentukan arah angin dan kecepatan angin, maka perlu ditetapkan rute pelayaran yang akan digunakan, dalam hal ini, yang digunakan ialah rute pelayaran dalam negeri dengan rute BATAM –SURABAYA. Pada pelayaran rute ini, berdasarkan kondisi angin secara umum pada daerah tersebut (periode maret) maka arah pemetaan kecepatan angin seperti gambar dibawah.



Gambar 4.2. Peta arah dan area dengan kecepatan angin tertentu (www.windfinder.com)

Untuk menentukan besar sudut angin yang akan digunakan untuk variasi simulasi, maka diambil 3 titik secara acak sepanjang rute tersebut pada kecepatan angin yang tertinggi, dimana untuk mendapatkan hasil maksimal dari penggunaan kite sail, dibutuhkan kecepatan angin yang relative tinggi.



Gambar 4.3. Indicator warna penentu kecepatan angin pada peta cuaca (www.windfinder.com)

Berdasarkan indicator diatas, dipilih area dengan kecepatan diantara 12 knt – 16 knt dimana kecepatan tersebut merupakan kecepatan di permukaan air . untuk mememudahkan maka diambil kecepatan permukaan antara 12 knot dan 16 knot, yaitu **14 knot** untuk kecepatan di ketinggian permukaan air.

Dari diketahuinya kecepatan angin pada permukaan air, maka dapat diketahui ketinggian angin pada ketinggian spesifik yang akan digunakan untuk operasi kite sail. Pada TA kali ini digunakan variasi ketinggian 100 M, 200 M, 300 M.

Dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\text{Wind speed at Height } z = (\text{Speed at 1 m}) \times (z)^{0.14}$$

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

(www.canadiangeographic.ca/atlas)

Tabel 4.1 variasi kecepatan angin

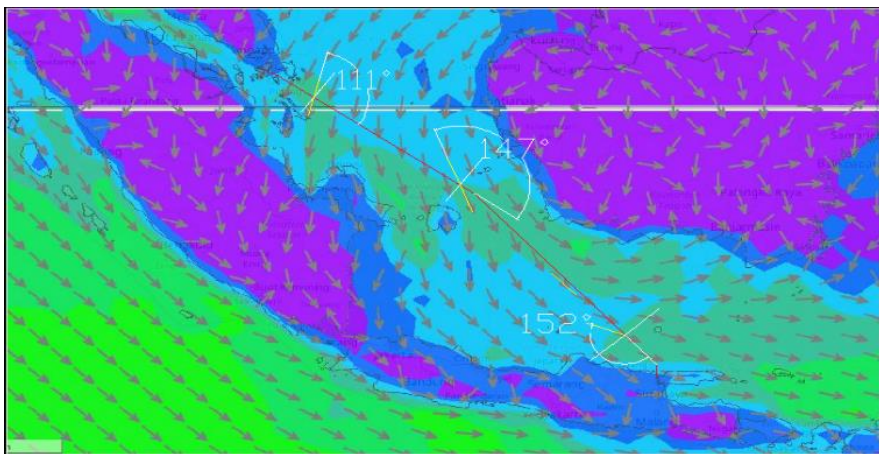
height	wind speed (knot)	wind speed (m/s)
100	27.04755644	13.52377822
150	28.6621712	14.3310856
200	29.86588064	14.93294032
250	30.8342548	15.4171274
300	31.6487364	15.8243682

untuk variasi diatas usdah mewakili kecepatan berdasarkan ketinggian ,sehingga tidak erlu ada variasi ketinggian)

4.1.2 Besarnya Sudut arah Datangnya Angin (sudut serang)

Sudut serangan ialah sudut antara garis pemandu badan pengangkat dan aliran yang datang menyambut. Adanya variasi dari sudut serang akan memberikan variasi hasil yang berbeda untuk coefisien lift dan coefisien drag serta bagaimana distribusi dari aliran fluida yang diterima.

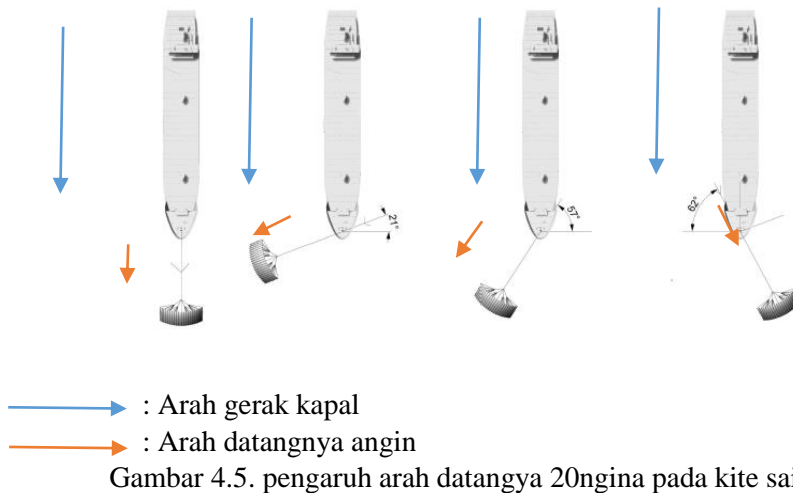
Untuk variasi sudut serang yang digunakan, berdasarkan ketentuan yang dijelaskan pada penentuan kecepatan angin, maka diambil 4 titik dari rute tersebut yang mana berada di zona dengan kecepatan angin 12-16 knot.



Gambar 4.4 . rute pelayaran dan arah angin (windfinder.com)

- Titik 1 : 21 derajat dari portside (201 derajat)
- Titik 2 : 57 derajat dari portside (237 derajat)
- Titik 3 : searah dengan arah kapal (90 derajat)
- Titik 4 : 62 derajat dari arahstarboard (298 derajat)

Untuk lebih jelasnya kite sail tersebut akan bergerak searah angin yang menyerang



4.1.3 Variasi Sudut Kite Sail Terhadap kapal

Untuk mengetahui subangsih daya yang dihasilkan oleh kite sail, digunakan formula sebgai berikut (*Falko Fritz, 2013*) :

$$P = V_g \times T_{af} \times \cos \beta$$

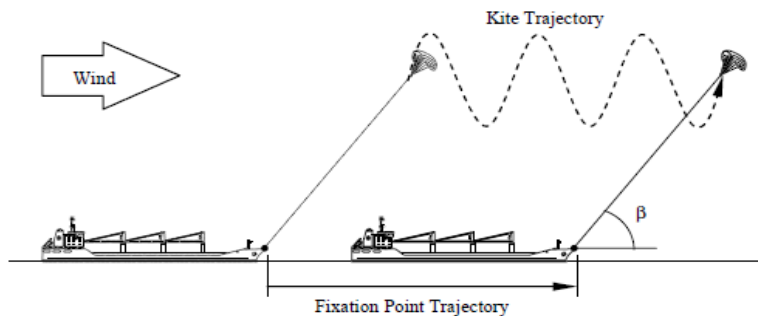
Dimana

V_g = kecepatan ground point (dalam hal ini kecepatan Kapal) (m/s)

T_{af} = total aerodinamik force (kN)

β = sudut kite sail terhadap kapal (°)

Besarnya sudut kite ini tercipta dari posis dari kite sail terhadap kapal yang tersambung dengan kite rope, dimana dipengaruhi dari jauhnya kite sail terhadap kapal dan ketinggian dari kite sail.



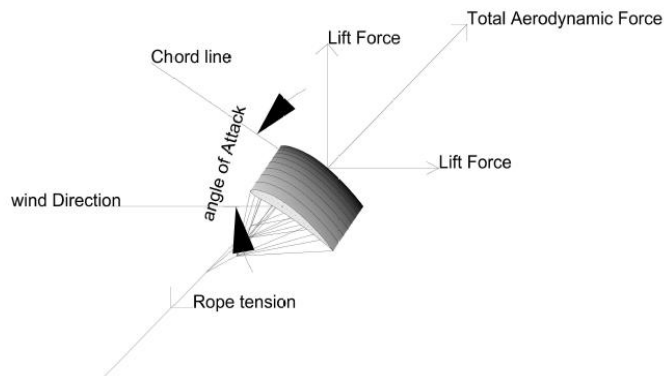
Gambar 4.6. Sudut Antara Kapal dengan Kite Sail

Dengan berdasarkan variasi ketinggian yang digunakan untuk menentukan kecepatan angin , dimana digunakan antara 100 -300 m ,dimana dalam untuk jarak horizontal dari kapal ialah 200 m, maka besarnya sudut yang dihasilka ialah sebagai berikut :

Tabel 4.2 variasi Sudut β

Ketinggian (m)	β (°)
100	27
150	37
200	45
250	51
300	56

4.1.4 Sudut serang angin (angle of Attack (α))

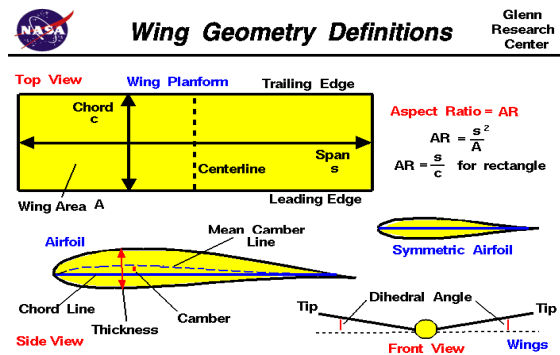


Gambar 4.7. Angle of Attack

Sudut serang ialah Sudut serang atau Angle of attack (α) adalah istilah yang dipakai di dinamika mengalir untuk menjelaskan sudut antara garis pemandu pada bada pengangkat (seringnya adalah garis korda di sebuah airfoil) dan vektor melambangkan gerakan relatif terhadap bada pengangkat dan aliran kemana dia bergerak. untuk variasi yang digunakan menggunakan sudut 15°, 25°, dan 35°

4.2 Desain model kite dan profil NACA

4.2.1 Geometry dari kite



Gambar 4.8. Geometri dari kite (www.grc.nasa.gov)

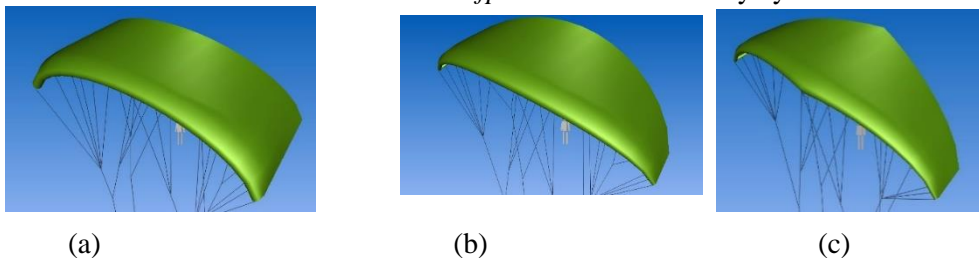
Geometri yang dimaksud disini ialah ukuran panjang (chord) dan lebar (span) dari suatu desain kite yang berfungsi untuk mendapatkan luasan dari kite yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan lift dan drag.

Berdasarkan referensi yang didapat desain yang digunakan cenderung memiliki luasan 160 M^2 dan 200 M^2 . Berdasarkan data tersebut maka desain yang direncanakan akan memiliki luasan konstan diantara range tersebut untuk tiap desain dengan adanya variasi aspect Ratio pada tiap design. Adanya variasi bentuk dari kite tersebut bisa dimasukkan apabila memungkinkan untuk dilakukan opsi lain yang bisa dilakukan ialah memberikan luasan yang sama untuk tiap desain namun memiliki bentuk kite yang berbeda. Ditetapan untuk simulasi akan digunakan kite dengan ukuran sebagai berikut :

Luasan : 160 M^2 Kelengkungan kite : 45°

Ratio span/chord : 2.5

Dengan dimensi tersebut , untuk variasi bentuk dari kite itu sendiri digunakan 3 varian `bentuk berdasarkan `software *surfplan* untuk referensinya yaitu :



Gambar 4.9. contoh desain 3D dari layar tipe (a) rectangular, (b) elipsical, (c) triangular. (surfplan)

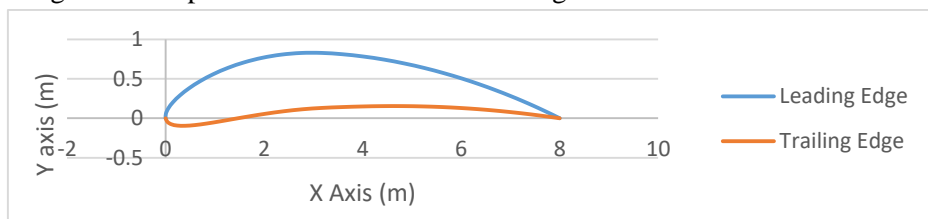
Untuk pemilihan profil airfoil sendiri rencana awal menggunakan NACA seri 4 digit yang akan digunakan sebagai basis desain kite tersebut. Dipilih profil airfoil NACA dengan seri 6409 dimana memiliki maksimum thickness sebesar 9 % ada 29.3 % chord dan maksimum chamber sebesar 6 % yang berlokasi di 40 % chord .

Dengan detail titik koordinat yang didapatkan dengan fasilitas plotter pada website *airfoiltools.com* yang digunakan sebagai referensi dengan contoh hasil kordinat nya untuk desain Kite tipe Rectangular sebagai berikut :

Tabel 4.4 titik koordinat NACA 6409

Airfoil surface Leading Edge		Airfoil Surface (rtrailing Edge)	
X(m)	Y(m)		
8	0	0	0
7.97856	0.00672	0.03736	-0.04584
7.9144	0.02664	0.11736	-0.07648
7.80824	0.05896	0.23784	-0.09256
7.6608	0.10272	0.3976	-0.09536
7.47384	0.15632	0.59424	-0.0864
7.2492	0.21792	0.82536	-0.06752
6.98856	0.28568	1.08856	-0.04104
6.6952	0.35712	1.38056	-0.00952
6.37176	0.43024	1.6988	0.02456
6.02176	0.50264	2.03984	0.05832
5.64864	0.57224	2.40096	0.08896
5.2568	0.63688	2.7784	0.114
4.85016	0.69472	3.16944	0.13112
4.43304	0.74416	3.57656	0.14176
4.01056	0.78368	3.98944	0.14968
3.5872	0.81216	4.4032	0.154
3.1672	0.8288	4.81336	0.15432
2.74936	0.82816	5.21544	0.1504
2.3452	0.80688	5.6052	0.1424
1.96016	0.76672	5.97824	0.13072
1.59904	0.70992	6.3304	0.11608
1.2664	0.63936	6.65784	0.09928
0.9664	0.55856	6.95656	0.08136
0.7024	0.47112	7.22304	0.06328
0.47744	0.38096	7.4544	0.04608
0.29416	0.29168	7.64744	0.03064
0.1536	0.20648	7.80024	0.01768
0.0576	0.12824	7.91064	0.00808
0.0064	0.05896	7.97776	0.002
0	0	8	0

Dengan bentuk profil NACA 6409 adalah sebagai berikut

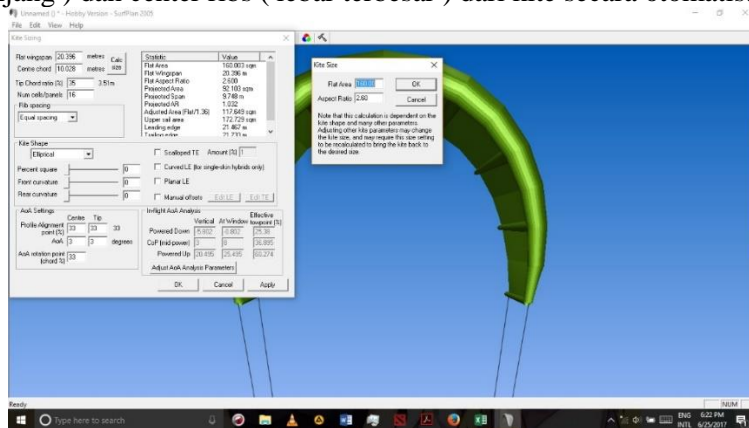


Gambar 4.9 . bentuk Profil NACA 6409

Untuk tahap – tahap perancangan/Pembuatan model menggunakan software Rhino 3D ver 5.0 dengan hasil sebagai berikut :

1. Proses Penentuan Ukuran dan Penentuan ukuran

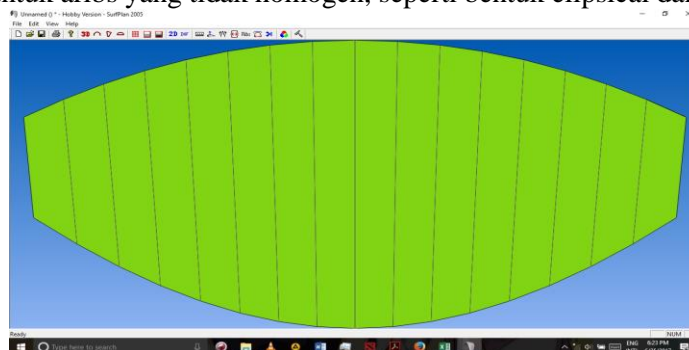
Pada tahap ini digunakan bantuan Surfplan untuk menentukan Ratio dari kite dengan luasan yang sama. Pada tugas akhir ini digunakan luasan 160 m^2 dan span ratio 2.5. dari penentuan kedua variable tersebut, dari software kan menggenerate dimensi, yaitu span (panjang) dan center ribs (lebar terbesar) dari kite secara otomatis.



Gambar 4.10 . penentuan luasan dan aspect ratio yang digunakan untuk tiap bentuk kite

2. Proses pengukuran panjang ribs dari 2D plan dari kite foil

Pada proses ini dari kite foil yang telah ditentukan dimensi dan luasanya tersebut, dihasilkan bentuk 2D dari kite sail, proses ini digunakan untuk melakukan pendekatan interpolasi untuk aribs yang tidak homogen, seperti bentuk elipsical dan triangular.



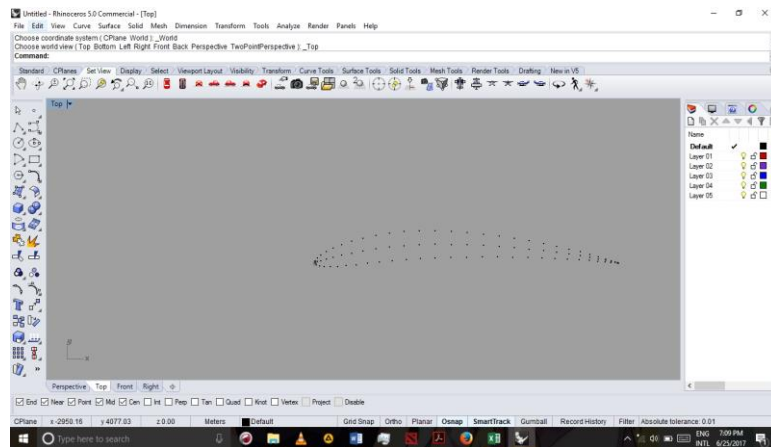
Gambar 4.11 . contoh bentuk 2D plan dari kite foil Elipsical.

3. Pembuatan Profil Airfoil

Proses pembuatan profil dari kite foil, karena kitefoil sendiri termasuk dari airfoil. Prosesnya adalah meng input data dari tiap panjang ribs yang telah didapatkan pada website airfoil tools.com pada TA kali ini digunakan airfoil NACA 6409.

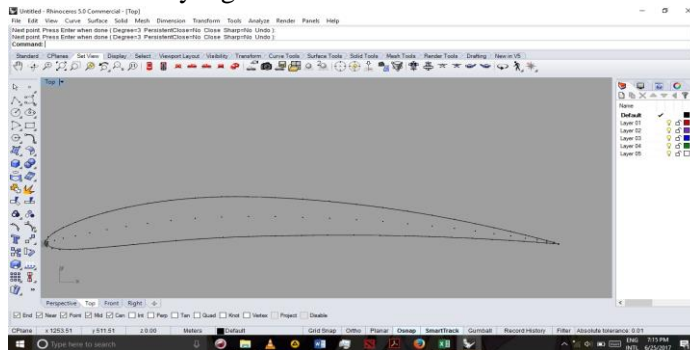
4. Plotting profil Airfoil pada rhino

Setelah mendapatkan titik koordinat dari airfoil yang digunakan hasil generate dari airfoiltools, maka file yng telah didownload (format .csv) dimport pada software rhino. Pada software rhino akan muncul titik koordinat dari airfoil.



Gambar 4.12 . contoh hasil import titik koordinat airfoil NACA 6409

Titik – titik koordinat tersebut kemudian diambungkan dengan curve tool, sehingga dapat dilihat bentuk solid dari airfoil tersebut. Untuk profil dengan panjang ribs yang berbeda juga dilakukan hal yang sama

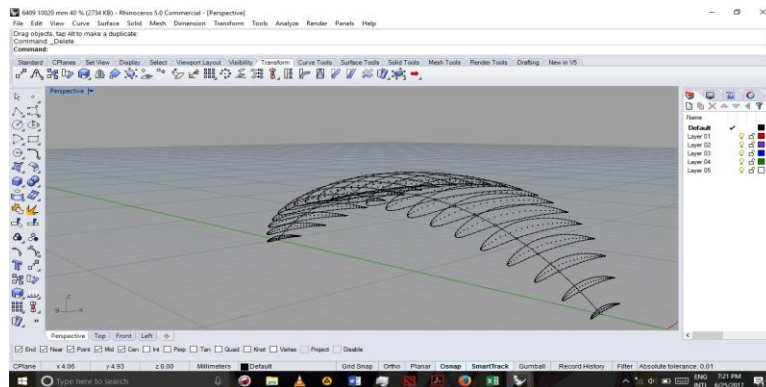


Gambar 4.13 . titik koordinat airfoil NACA 6409 yang telah disambung.

5. Penempatan posisi tiap ribs

Airfoil yang telah dibuat tadi kemudian disusun berdasarkan plotting pada 2D plan yang digunakan sebelumnya . sebelum disusun, diibuat garis bantu dengan

kelengkungan 45° yang digunakan sebagai pataokan peletakan titik koordinat dari airfoil yang dibuat sepanjang sesuai dengan span dari kite foil.



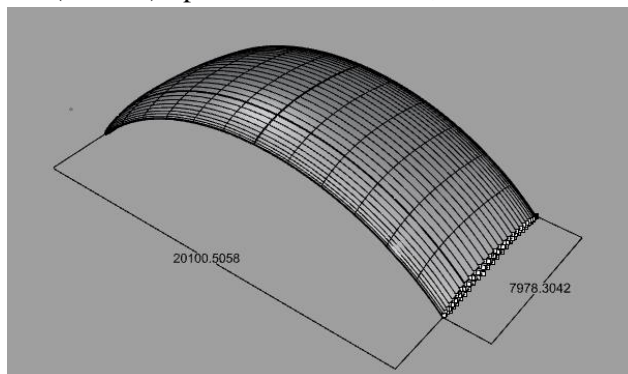
Gambar 4.14 . penyusunan profil airfoil sesuai dengan ukuran panjang ribs.

6. Lofting

Proses untuk membuat kite foil menjadi bentuk solid yang dimana pada proses simulasi dibutuhkan model yang solid, maka dilakukan lofting untuk membuatnya solid. Proses lofting dilakukan secara bertahap, dengan men-select satu per satu profil.

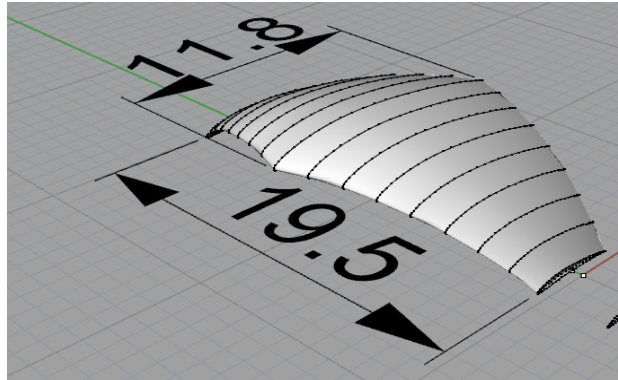
Berikut adalah hasil desain 3D setelah dilakukan lofting, untuk variasi bentuknya sendiri ditentukan berdasarka software surfplan , yaitu bentuk triangular , rectangular, dan elipsical.

Rectangulae Kite (20 x 8) Span chord Ratio : 2.5, A = 160 M²



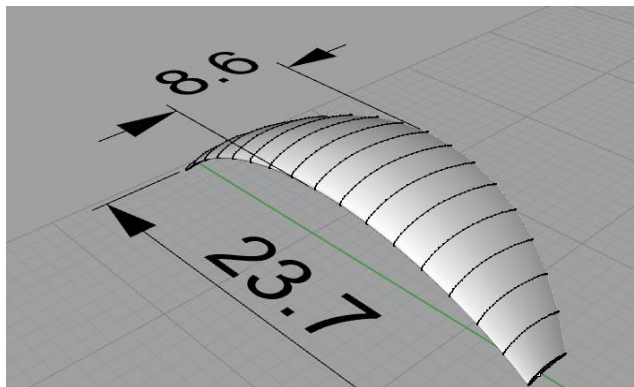
Gambar 4.15 . model 3d rectangular kite menggunakan rhino (20 x8) m

Triangular Kite (19.5 x 11.8 (chord terpanjang)) Span chord Ratio : 2.5, A = 160 M²



Gambar 4.16 . model 3d Triangular kite menggunakan rhino

Elipsical kite (23.7 m x 8.6 m (chord terpanjang)) Span chord Ratio : 2.5, $A = 160 \text{ M}^2$



Gambar 4.17 . model 3d Elipsical kite menggunakan rhino.

7. Rotating sesuai variasi angle of attack

Desain 3D yang telah jadi kemudian di rotate sesuai dengan variasi angle of attack yang dilakukan, hal ini bertujuan untuk memudahkan proses simulasi agar mengurangi perubahan variable uji pada software yang digunakan untuk simulasi. Variasi sudut yang digunakan ialah 15° , 20° dan 25°

4.3 Simulasi CFD

Setelah didapatkan model kite foil yang memiliki bentuk yang berbeda, maka untuk mengetahui bagaiman gaya aerodinamik yang dihasilkan oleh kite foil tersebut, digunakan software ANSYS Fluent 12 untuk mengetahui bagaimana besar dari gaya lift dan gaya drag yang dihasilkan dari masing-masing kite foil.

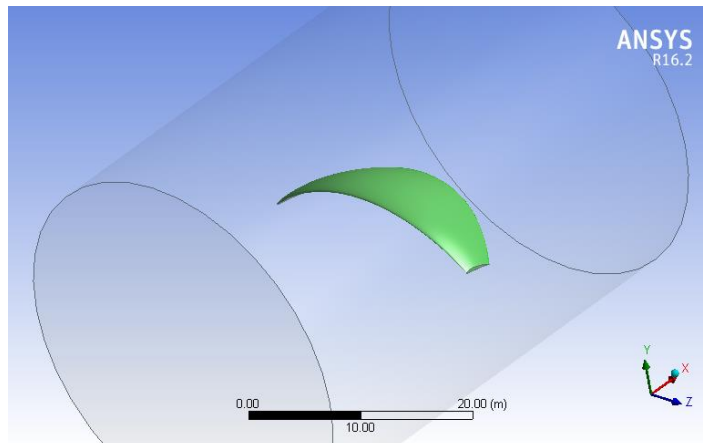
Simulasi yang dilakukan menggunakan variasi yang telah diberikan sebelumnya, yaitu variasi sudut serang (angle of Attack) dari kite foil dan kecepatan angin yang menyerang kite foil. Variasi arah datangnya angin tidak digunakan untuk simulasi di software, namun akan digunakan untuk mengetahui besar penyimpangan arah dari

aplikasi pada kapal, dilakukan setelah besarnya gaya – gaya yang dihasilkan oleh kite foil telah diketahui.

Simulasi dilakukan untuk setiap bentuk layar pada keadaan sesuai dengan variasi yang ditentukan. Berikut adalah langkah – langkah simulasi yang dilakukan berdasarkan referensi yang diikuti :

1. Input model 3D ke software Ansys

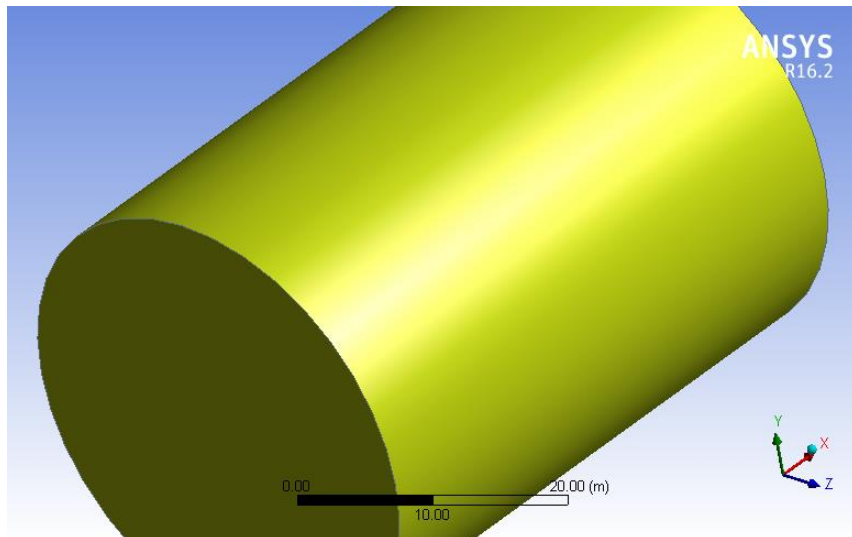
Simulasi CFD menggunakan software ansys, dimana digunakan model 3d yang dibuat sebelumnya menggunakan software rhino 5. Bentuk kite yang diuji yaitu rectangular, elipsical, dan triangular , dengan masing – masing kondisi sudut serang sebesar 15 derajat, 20 derajat, dan 25 derajat , dengan 5 variasi kecepatan angin yang telah ditentukan.



Gambar 4.18 . model 3d import ke ansys.

2. Membuat envirointment

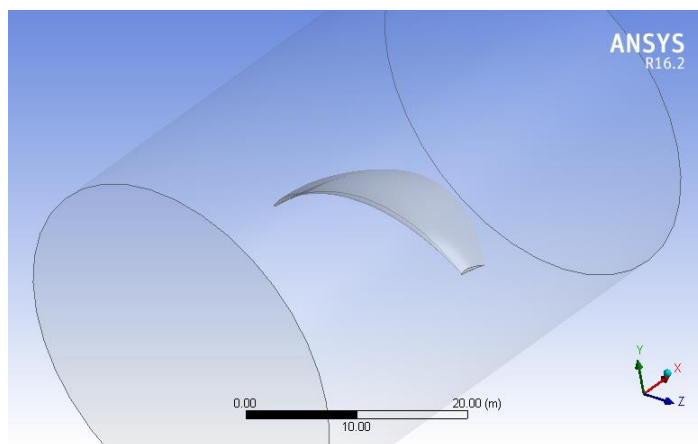
Menggunakan tool enclosure, envirointment dibuat sebagai media uji untuk model yang digunakan, pada simulasi ini ,dibuat enclosure berbentuk silinder menghadap x axis (tergantung arah arah dari model) , dimensi enclosure yang digunakan adalah panajg silinder 40 m dimana 15 m arah $-x$ dan 25 $+x$, denga diameter 12 m. setelah itu enclosure di generate agar tampak.



Gambar 4.19 . bentuk enclosure cilinder .

3. Membuat Boolean

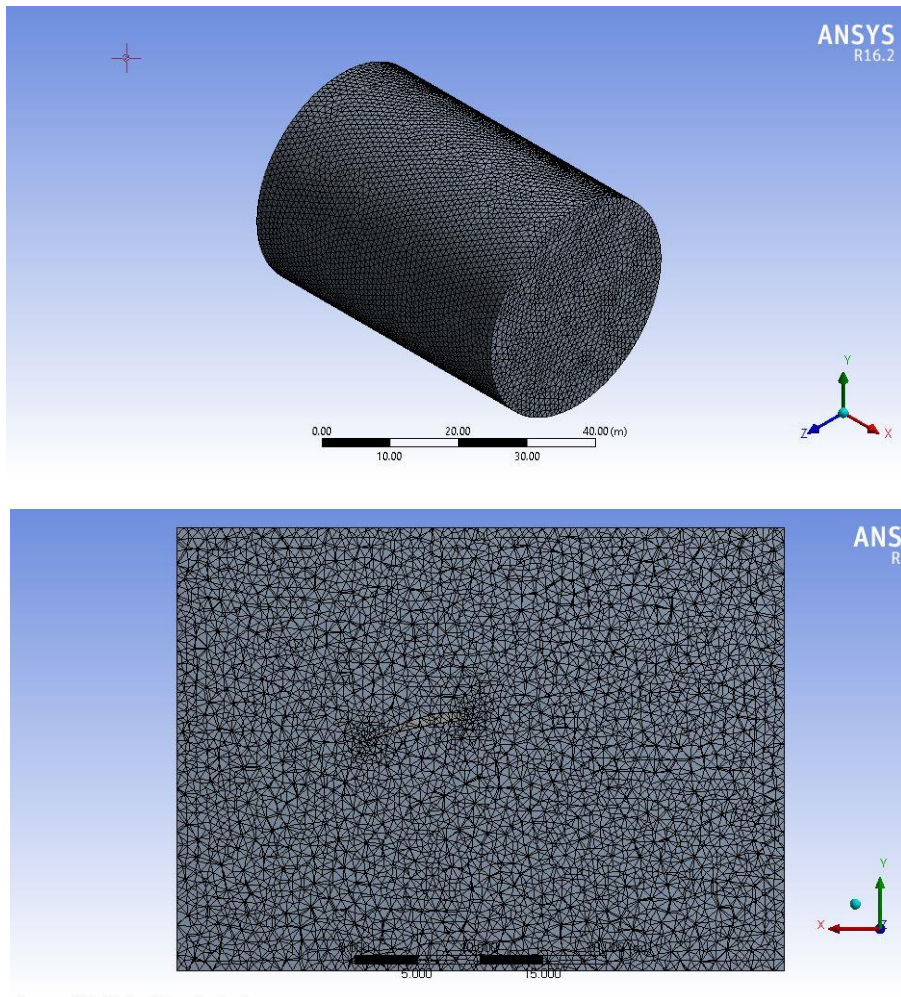
Boolean berfungsi untuk memisahkan antara model dengan environmentnya, dimana nantinya pada simulasi ini envi. Merupakan fluida udara dan model 3d adalah solid. Klik pada Boolean tools, kemudia ubah mode menjadi ssubtract and apply media model pada enclosure dan tools model pada model kite sail, kmudian preserverd dibuat “yes”. Lalu generate.



Gambar 4.20 . hasil penggunaan boolean.

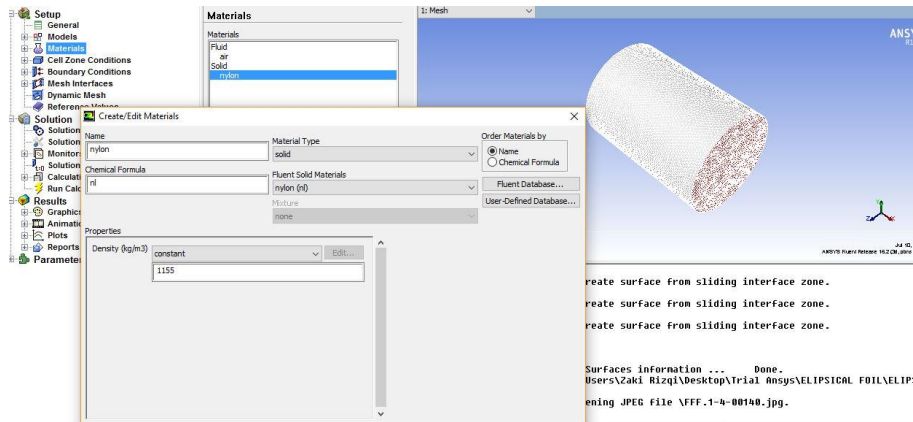
4. Meshing

Pada proses ini ialah proses meshing dimana model di mesh untuk membagi menjadi beberapa element agar bisa dianalisa secara merata . pada simulasi ini meshing dilakukan denga minimal size 0.5 m dan max. 1 m, dikarenakan ukuran model yang cukup besar.



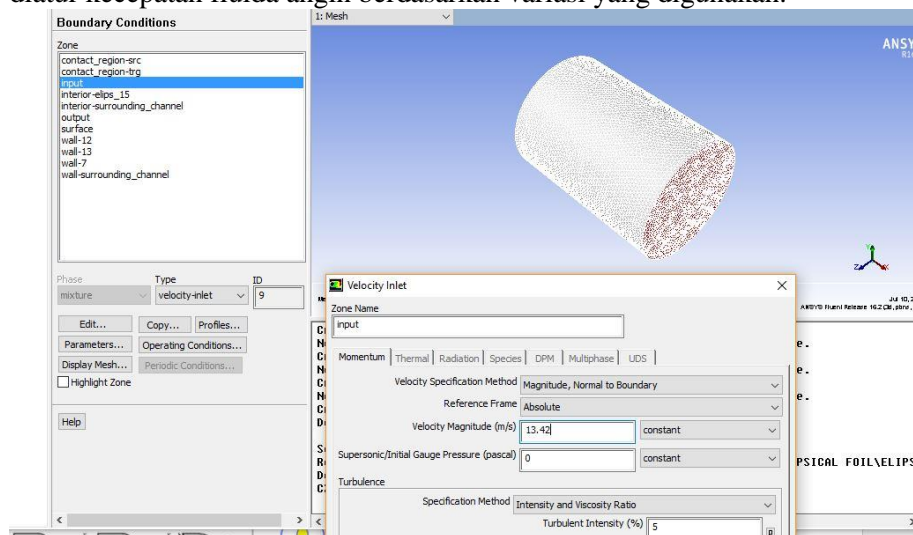
Gambar 4.21. meshing result.

5. Memasukkan variable uji
 - a. Pada proses ini jenis material dari kite sail diubah massa jenisnya , dimana digunakan material nylon dengan msa jenis 1155 g/m^3 .



Gambar 4.22 . input data material.

- b. Pada wall input diubah menjadi mode “velocity – inlet ” dimana kemudian diatur kecepatan fluida angin berdasarkan variasi yang digunakan.

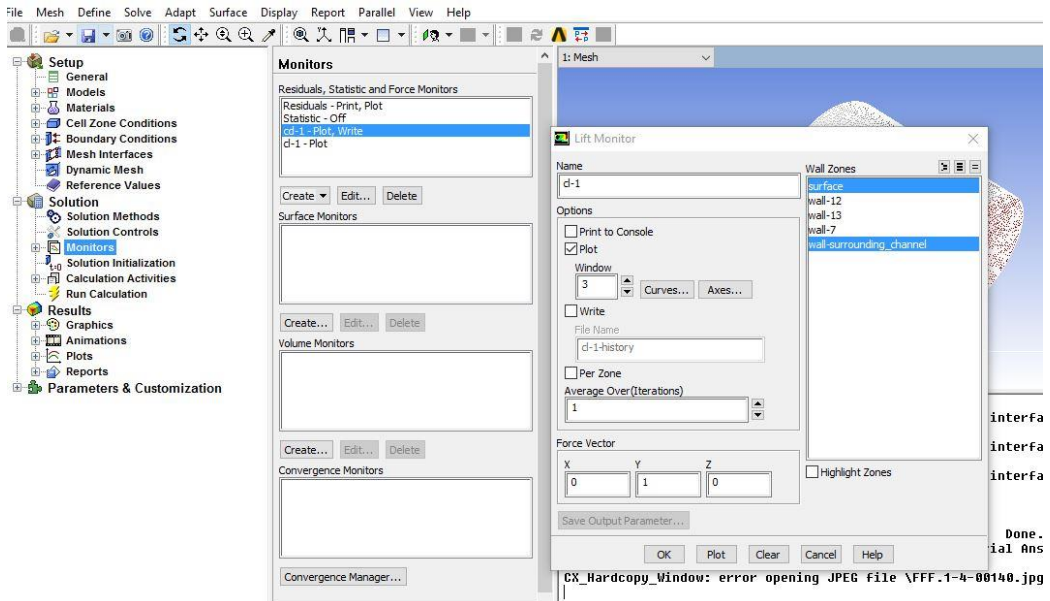


Gambar 4.23 . memasukkan variable kecepatan

- c. Pada wall output diubah menjadi mode “pressure outlet”
 d. Viscous model Yang sebelumnya laminar diubah menjadi epsilon

4.1 Pengaturan solution

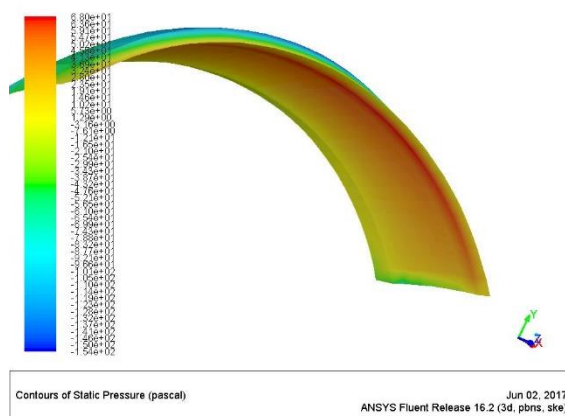
Pada pengaturan ini pada solution method turbenlent diubah menjadi second order upwind, lalu membuat monitor untuk melihat besarnya lift force dn drag force



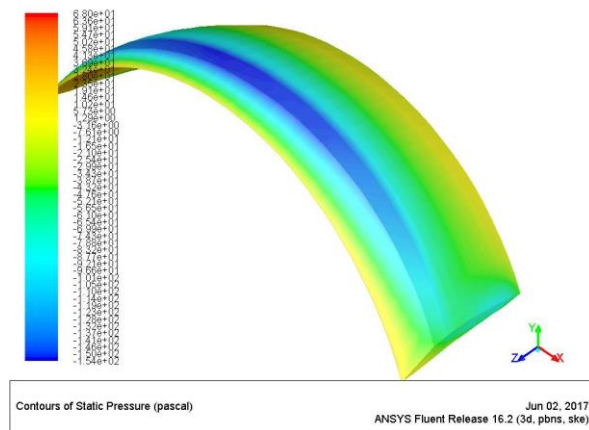
Gambar 4.24 . membuat monitor lift da drag.

4.2 Melakukan kalkulasi

Sebelum melakukan kalkulasi , dilakukan initialize untuk menyamakan variable sesuai dengan yang telah diinput sebelumnya, dengan simulasi input dari wall input , kemudian pada proses iterasi di setting pada 150 kali iterasi. Kemudian klik tombol calculation. Dan ditunggu hingga selesai.

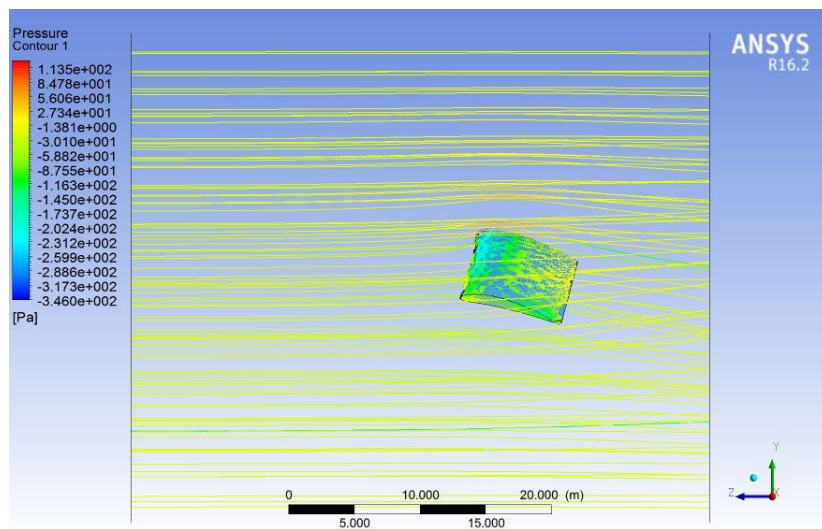


Gambar 4.25 . distribusi tekanan pada bagian lower surface

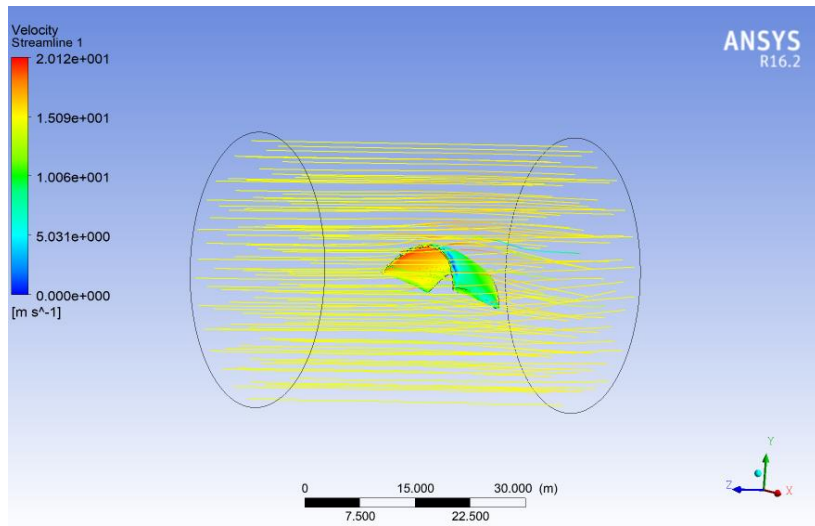


Gambar 4.26 . distribusi tekanan pada bagian upper surface

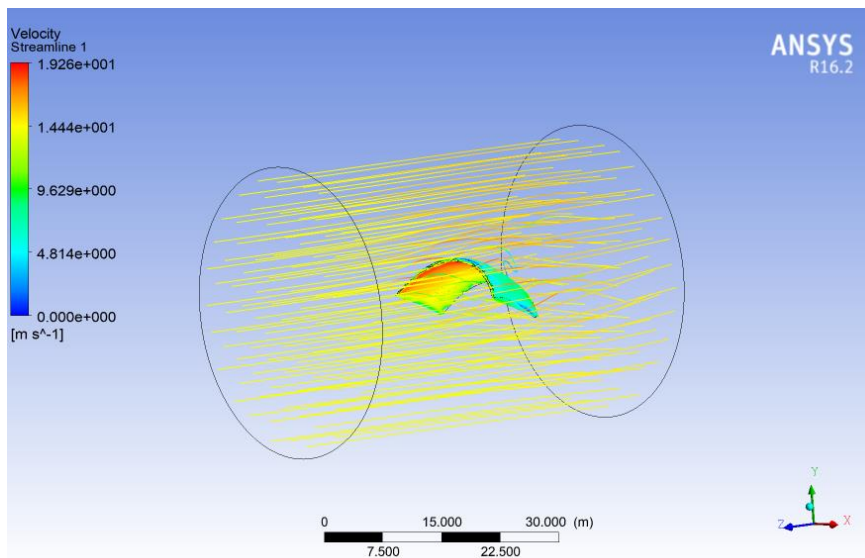
Dari hasil simulasi didapatkan bahwa pada saat kite foil dilewati oleh angin akan terdapat perbedaan distribusi tekanan yang terjadi pada kedua sisi yaitu upper dan lower surface. Dapat dilihat bahwa distribusi tekanan terlihat lebih besar pada bagian lower surface dibandingkan dengan upper. Kemudian dari hasil bisa didapatkan besarnya nilai gaya lift force dan drag force hasil dari simulasi yang akan dijelaskan setelah ini.



Gambar 4.27 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 15°



Gambar 4.28 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 20°



Gambar 4.29 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 25°

Dari keseluruhan bentuk dan variasi (AoA 15,20,25) yang dilakukan sesuai dengan gambar diatas bisa dilihat bahwa ketika angin melewati kite sail terjadi perbedaan kecepatan aliran angin dimana pada bagian atas kite sail kecepatan angin menjadi lebih tinggi dibandingkan dibagian bawah kite sail, lalu pada kite sail itu sendiri terjadi perbedaan distribusi tekanan pada bagian atas dan bagian bawah kite sail, dimana pada bagian atas tekanan yang diterima lebih rendah dan tekanan dari bawah lebih tinggi sehingga menyebabkan layar tersebut bisa terangkat sesuai dengan hukum Bernoulli. Hal ini juga berlaku untuk bentuk lain yang di uji coba.

4.3 Analisa Data

Dari data simulasi yang telah dilakukan, dari tiap model dan variasi AoA, didapatkan nilai gaya drag dan lift, sesuai dengan arah yang ditentukan. Dari nilai tersebut dapat dicari besar total gaya aerodinamik dari masing masing model dan kemudian akan dibandingkan hasilnya tersebut. Berikut adalah hasil dari simulasi CFD yang dilakukan :

1. Rectangular AoA (Angel of Attack) 15 °

Tabel 4.5 hasil simulasi kite foil Rectangular AoA 15°

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
15	13.52377822	16.9	0.94622211	3.01	0.168528317
	14.3310856	18.97	0.94660584	3.38	0.168662506
	14.93294032	20.61	0.96012656	3.67	0.17096868
	15.4171274	22.01	0.94700555	3.92	0.168662506
	15.8243682	23.76	0.94706633	4.23	0.168606505

2. Rectangular AoA (Angel of Attack) 20 °

Tabel 4.6 hasil simulasi kite foil Rectangular AoA 20°

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
20	13.52377822	16.62	0.93054506	4.98	0.27882758
	14.3310856	18.61	0.92864179	5.59	0.278941837
	14.93294032	20.13	0.93776554	6.01	0.279978682
	15.4171274	21.57	0.92807405	6.55	0.28182128
	15.8243682	23.25	0.92673788	7.07	0.281808036

3. Rectangular AoA (Angel of Attack) 25 °

Tabel 4.7 hasil simulasi kite foil Rectangular AoA 25°

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
25	13.52377822	16.93	0.94790179	7.9	0.442316844
	14.3310856	18.99	0.94760384	8.86	0.442115327
	14.93294032	23.01	1.07193169	9.55	0.444891251
	15.4171274	24.56	1.05672223	10.2	0.438866726
	15.8243682	26.54	1.05787628	11.02	0.439253827

Untuk gaya aerodinamik total yang dihasilkan sendiri adalah sebagai berikut dengan menggunakan persamaan :

$$T_{af} = \sqrt{L^2 + D^2}$$

Tabel 4.8 hasil perhitungan total gaya Aerodinamik pada Kite foil Rectangular

nomor	sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Total Aerodynamic force (kN)
1	15	13.52377822	17.16595759
2		14.3310856	19.26876488
3		14.93294032	20.93420646
4		15.4171274	22.35635256
5		15.8243682	24.13359691
nomor	sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Total Aerodynamic force (kN)
6	20	13.52377822	17.35006628
7		14.3310856	19.43142301
8		14.93294032	21.00802228
9		15.4171274	22.54256862
10		15.8243682	24.30118104
11	25	13.52377822	18.68247575
12		14.3310856	20.95518313
13		14.93294032	24.91310097
14		15.4171274	26.59386395
15		15.8243682	28.73694486

Berikut adalah hasil simulasi yang dilakukan terhadap kite foil berbentuk Elipsical :

4. Elipsical AoA (Angel of Attack) 15 °

Tabel 4.9 hasil simulasi kite foil Elipsical AoA 15°

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
15	13.52377822	17.82	0.99773243	2.67	0.149491896
	14.3310856	20.12	1.00399101	2.99	0.149201448
	14.93294032	21.93	1.02161939	3.25	0.151402782
	15.4171274	23.42	1.00767242	3.47	0.149300739
	15.8243682	25.28	1.00765306	3.75	0.149473852

5. Elipsical AoA (Angel of Attack) 20 °

Tabel 4.10 hasil simulasi kite foil Elipsical AoA 20°

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
20	13.52377822	19.34	1.08283643	5.67	0.317460317
	14.3310856	21.52	1.07385122	6.33	0.315867948
	14.93294032	23.54	1.09662199	6.87	0.320042188
	15.4171274	25.14	1.0816774	7.34	0.315811938
	15.8243682	27.13	1.08139349	7.92	0.315688776

6. Elipsical AoA (Angel of Attack) 25 °

Tabel 4.11 hasil simulasi kite foil Elipsical AoA 25 °

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
25	13.52377822	19.68	1.10187285	6.76	0.378488844
	14.3310856	22.43	1.11926036	7.69	0.383732152
	14.93294032	24.66	1.14879772	8.89	0.41414484
	15.4171274	26.07	1.12169172	9.87	0.424668096
	15.8243682	28.78	1.14716199	10.97	0.437260842

Untuk gaya aerodinamik total yang dihasilkan sendiri adalah sebagai berikut dengan menggunakan persamaan :

$$T_{af} = \sqrt{L^2 + D^2}$$

Tabel 4.12 hasil perhitungan total gaya Aerodinamik pada Kite foil Elipsical

nomor	sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Total Aerodynamic force (kN)
1	15	13.52377822	18.01891506
2		14.3310856	20.34095622
3		14.93294032	22.16951511
4		15.4171274	23.67566895
5		15.8243682	25.55662145
6	20	13.52377822	20.15401945
7		14.3310856	22.43165843
8		14.93294032	24.52200033
9		15.4171274	26.18960099
10		15.8243682	28.26240082

nomor	sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Total Aerodynamic force (kN)
11	25	13.52377822	20.80865205
12		14.3310856	23.71162162
13		14.93294032	26.21350225
14		15.4171274	27.87582824
15		15.8243682	30.7998263

Untuk simulasi dengan menggunakan variasi model kite sail berbentuk triangular memiliki hasil sebagai berikut :

7. Triangular AoA (Angel of Attack) 15 °

Tabel 4.13 hasil simulasi kite foil Triangular AoA 15 °

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
15	13.52377822	16.07	0.89975085	3.02	0.169088211
	14.3310856	18.04	0.9001987	3.388	0.169061708
	14.93294032	19.59	0.91260938	3.679	0.171387949
	15.4171274	20.92	0.90010705	3.93	0.169092768
	15.8243682	22.58	0.90003189	4.28	0.17059949

8. Triangular AoA (Angel of Attack) 20 °

Tabel 4.14 hasil simulasi kite foil Triangular AoA 20 °

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
20	13.52377822	16.82	0.94174295	5.02	0.281067159
	14.3310856	18.86	0.94111683	5.635	0.281187344
	14.93294032	20.47	0.9536046	6.12	0.285103084
	15.4171274	21.86	0.94055163	6.537	0.28126194
	15.8243682	23.59	0.94029018	7.06	0.281409439

9. Triangular AoA (Angel of Attack) 25 °

Tabel 4.15 hasil simulasi kite foil Triangular AoA 25 °

sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Lift (kN)	CL	drag (kN)	CD
25	13.52377822	18.17	1.01732874	7.38	0.413202318
	14.3310856	20.68	1.0319351	8.43	0.420658263
	14.93294032	22.18	1.03326575	8.98	0.418337532
	15.4171274	23.63	1.01670791	9.56	0.41132999
	15.8243682	25.53	1.01761798	10.38	0.413743622

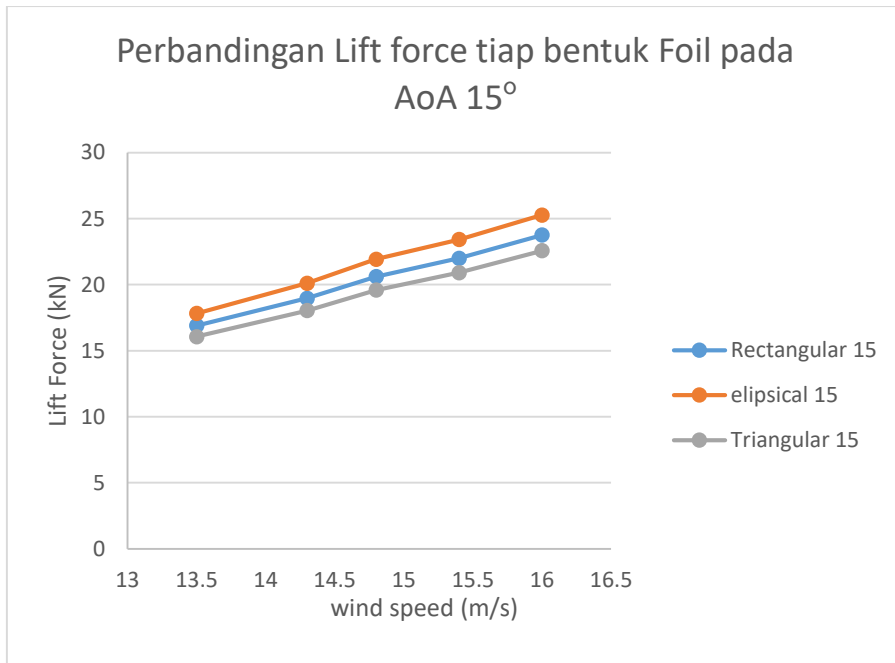
Untuk gaya aerodinamik total yang dihasilkan sendiri adalah sebagai berikut dengan menggunakan persamaan :

$$T_{af} = \sqrt{L^2 + D^2}$$

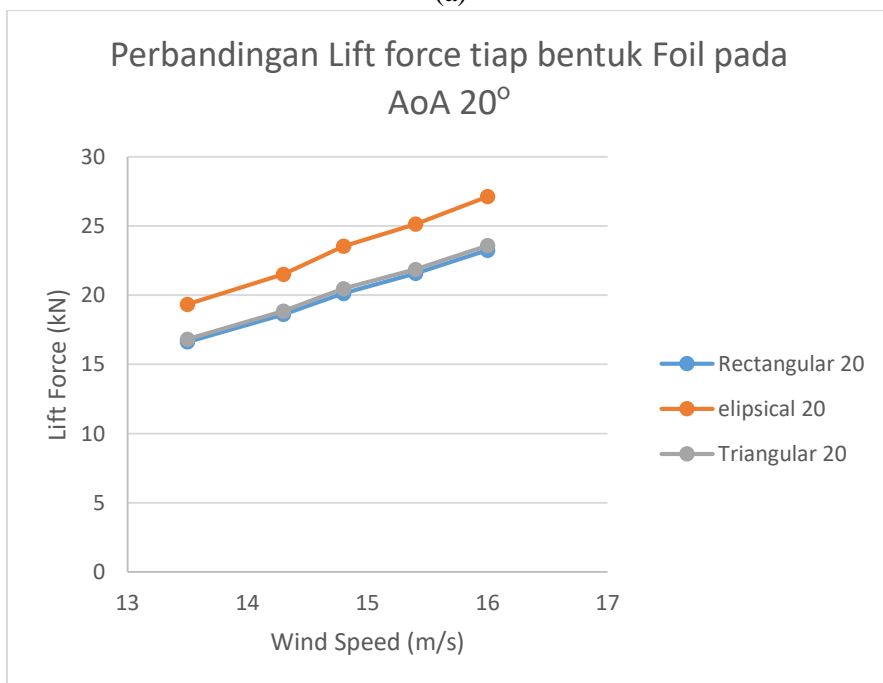
Tabel 4.16 hasil perhitungan total gaya Aerodinamik pada Kite foil Triangular

nomor	sudut serang	kecepatan angin (m/s)	Total Aerodynamic force (kN)
1	15	13.52377822	16.35130882
2		14.3310856	18.35538461
3		14.93294032	19.9324645
4		15.4171274	21.28594137
5		15.8243682	22.98205387
6	20	13.52377822	17.55314217
7		14.3310856	19.6838214
8		14.93294032	21.36528259
9		15.4171274	22.81648459
10		15.8243682	24.62380352
11	25	13.52377822	19.61156037
12		14.3310856	22.33220321
13		14.93294032	23.92891138
14		15.4171274	25.49059631
15		15.8243682	27.55948657

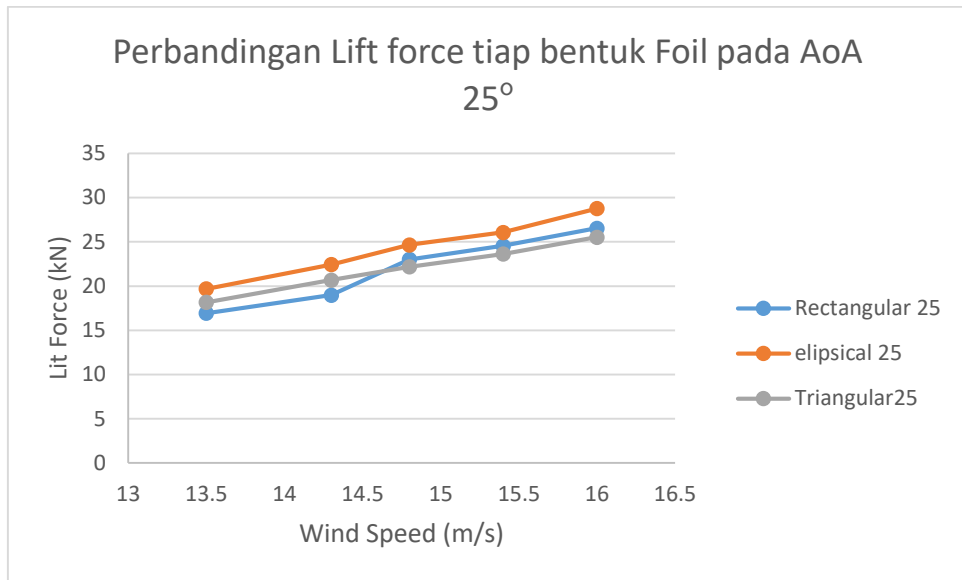
4.4.1 Perbandingan Lift Force masing – masing bentuk kite foil.



(a)



(b)



(c)

Grafik 4.1 Perbandingan lift force pada (a) 15° (b) 20° (c) 25°

Pada grafik di atas di tunjukkan bahwa pada angle of attack 15°, kite sail dengan bentuk elipsical memiliki lift force yang lebih besar dimana pada variasi kecepatan tertinggi, yaitu 1 m/s mampu menghasilkan lift force sebesar 25.28 kN, lalu dibawahnya bentuk Rectangular sebesar 23.76 kN, dan bentuk triangular sebesar 22.38 kN.

Pada variasi Angle of Attack 20°, lift force terbesar dihasilkan oleh kite sail berbentuk elipsical dengan besar lift force yang dihasilkan sebesar 27.13 kN dan ,kemudian bentuk triangular sebesar 23.59 kN, lalu rectangular sebesar 23.25 kN

Namun pada variasi angle of attack 25°, bentuk elipsical menghasilkan lift force yang lebih besar sebesar 28.78 kN , lalu bentuk rectangular menghasilkan lift force 26.54 kN dan triangular 25.3 kN

Hal yang mempengaruhi terjadinya perbedaan gaya lift yang dihasilkan ialah koefisien lift yang dimiliki masing masing kite sail, dimana perbedaan koefisien ini timbul karena pengaruh bentuk geometri dari kite sail serta besar sudut serang, sehingga menyebabkan gaya yang ditimbulkan tidak sama meskipun besar area yang dimiliki sama. Untuk mencari besr koefisien lift, menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho W^2 A_k}$$

Dimana :

L : Gaya Lift (kN)

W : Wind Speed (m/s)

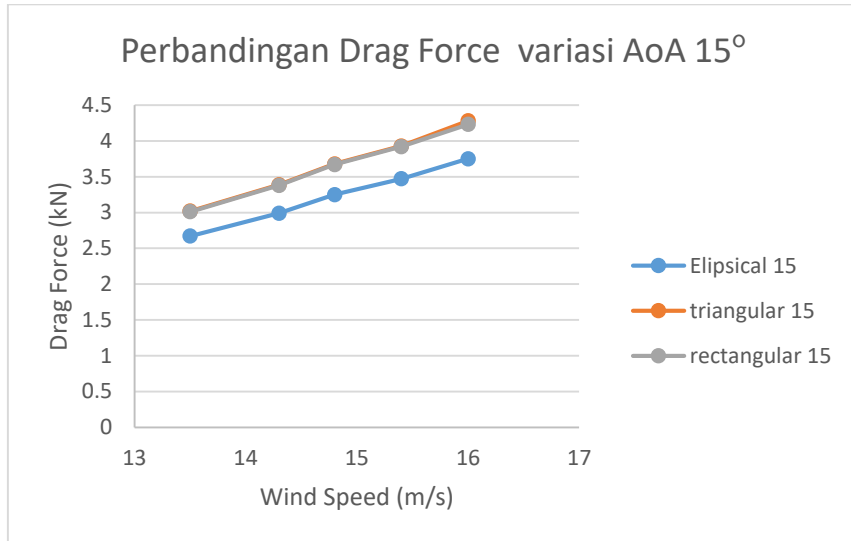
A_k : luas Kite Sail (m^2)

C_L : Lift Coefficient

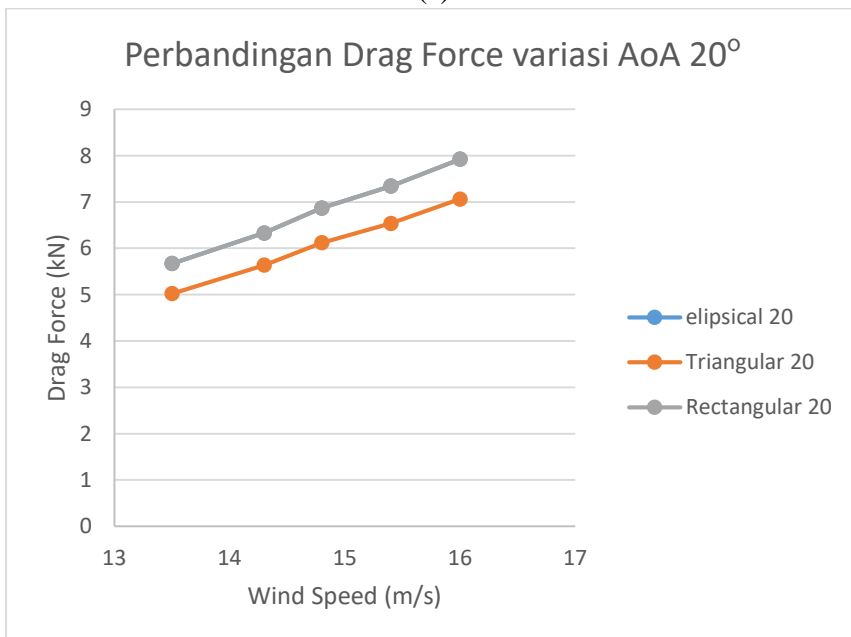
P : Massa Jenis (udara) 1.225 kg/m^3

Dimana hasil besar koefisien lift dari masing masing model dengan kecepatan dan angle of attack telah dilampirkan pada table hasil masing – masing simulasi.

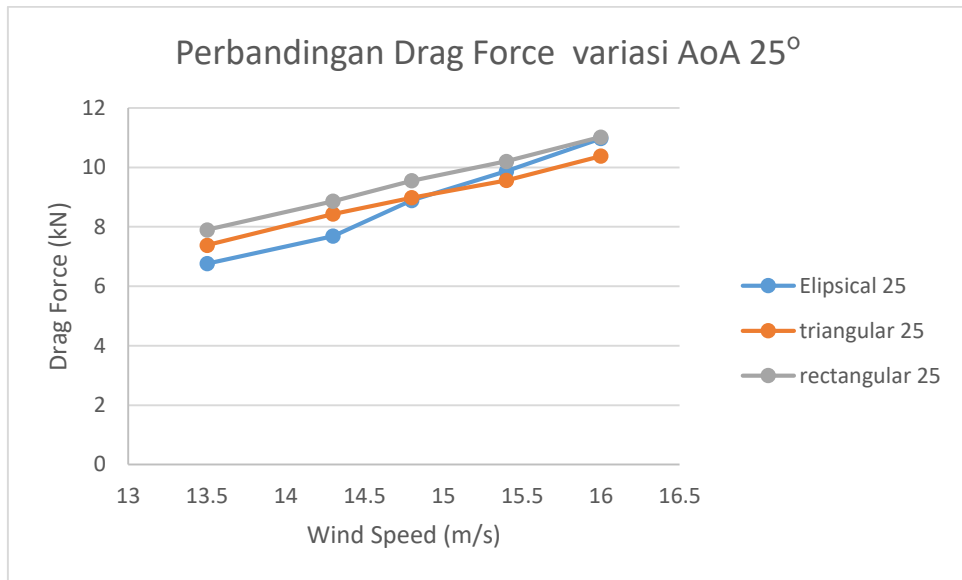
4.4.2 Perbandingan Drag Force masing – masing bentuk kite foil.



(a)



(b)



(c)

Grafik 4.2 Perbandingan drag force pada (a) 15° (b) 20 ° (c) 25 °

Pada grafik di atas di tunjukkan bahwa pada angle of attack 15°, kite sail dengan bentuk triangular memiliki Drag force yang lebih besar dimana pada variasi kecepatan tertinggi, yaitu 15.822 m/s mampu menghasilkan drag force sebesar 4.28 kN, lalu dibawahnya bentuk Rectangular sebesar 4.23 kN, dan bentuk triangular sebesar 3.75 kN.

Pada variasi Angle of Attack 20°, drag force terbesar dihasilkan oleh kite sail berbentuk elipsical dengan besar drag force yang dihasilkan sebesar 7.92 kN dan kemudian bentuk rectangular sebesar 7.07 kN, lalu triangular sebesar 7.06 kN

Pada variasi angle of attack 25°, bentuk rectangular menghasilkan drag force yang lebih besar sebesar 11.02 kN, lalu elipsical memiliki drag force sebesar 10.97 kN dan bentuk triangular menghasilkan drag force sebesar 10.38 kN

Hal yang mempengaruhi terjadinya perbedaan gaya drag yang dihasilkan ialah koefisien drag yang dimiliki masing masing kite sail, dimana perbedaan koefisien ini timbul karena pengaruh bentuk geometri dari kite sail serta besar sudut serang, sehingga menyebabkan gaya yang ditimbulkan tidak sama meskipun besar area yang dimiliki sama. Untuk mencari besar koefisien drag, menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_d = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho W^2 A_k}$$

Dimana :

D : Gaya Drag (kN)

W : Wind Speed (m/s)

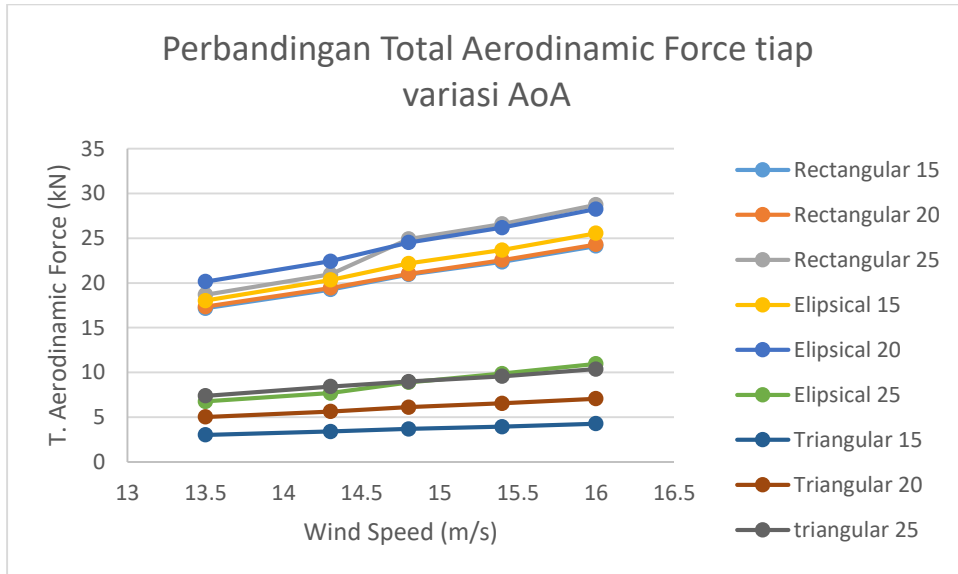
A_k : luas Kite Sail (m^2)

C_d : Drag Coefficient

P : Massa Jenis (udara) 1.225 kg/m^3

Dimana hasil besar koefisien drag dari masing masing model dengan kecepatan dan angle of attack telah dilampirkan pada table hasil masing – masing simulasi.

4.4.3 Perbandingan Total Aerodynamic Force masing – masing bentuk kite foil.



Grafik 4.3 Perbandingan total aerodynamic force pada semua varian kite sail

Total Aerodynamic force adalah resultan dari lift force dan drag force yang nilainya digunakan sebagai acuan besarnya gaya pada towing rope yang menghubungkan kite sail dengan kapal, yang nantinya besarnya gaya ini menjadi gaya Tarik yang dihasilkan kite sail untuk menarik kapal.

Total aerodynamic force dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$T_{af} = \sqrt{L^2 + D^2}$$

Dimana :

L : lift force (N)

D : drag force (N)

Dari persamaan tersebut, diketahui bahwa besarnya gaya total aerodinamik dipengaruhi dari lift dan drag yang dihasilkan, yang secara tidak langsung akan tergantung dari kecepatan angin, luasan layar kite sail, sudut serang dari kite sail,

Dari besarnya gaya tersebut apabila diaplikasikan pada kapal, apabila dikonversi maka akan memberikan subangsih daya (tanpa ada pengaruh tahanan kapal). Berikut adalah besarnya daya berdasarkan variasi kecepatan kapal dan sudut antara kite sail dengan kapal pada kecepatan angin 15.82 m/s yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = V_w \times T_{line} \times \cos \beta$$

Dimana

V_{wind} = kecepatan wind (dalam hal ini kecepatan Kapal) (m/s)

T_{line} = Line Tension (kN)

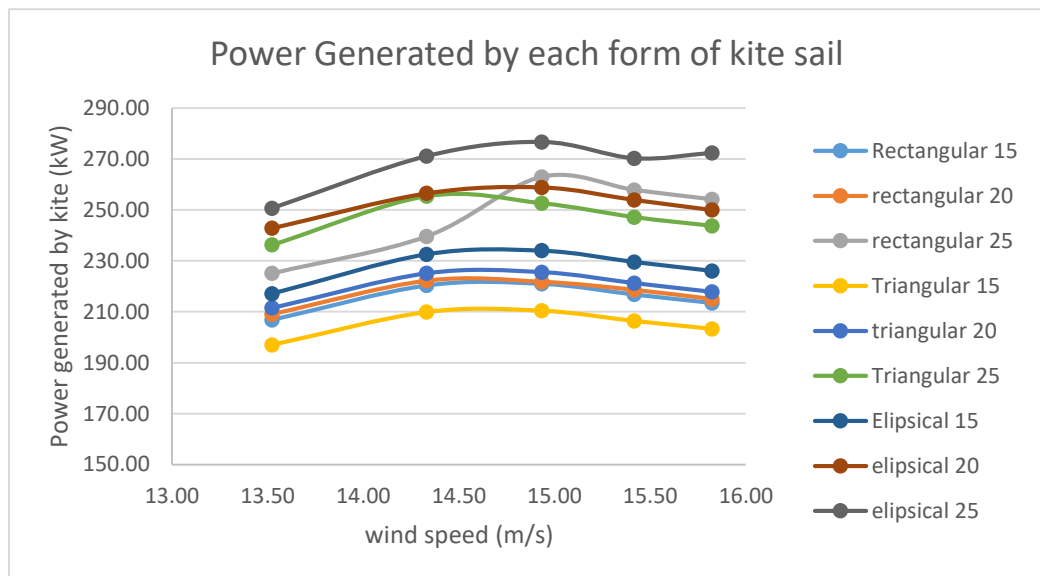
β = sudut kite sail terhadap kapal (°)

Dengan hasil seperti pada table berikut :

Tabel 4.17 daya yang dihasilkan dari kite sail

Kite form	AoA	Vs (m/s)	Line Tension (kN)	β	Cos β	Daya (kW)
Rectangular	15	13.52	17.17	27	0.891	206.84
		14.33	19.27	37	0.798	220.36
		14.93	20.93	45	0.707	221.01
		15.42	22.36	51	0.629	216.80
		15.82	24.13	56	0.559	213.48
	20	13.52	17.35	27	0.891	209.06
		14.33	19.43	37	0.798	222.22
		14.93	21.01	45	0.707	221.79
		15.42	22.54	51	0.629	218.60
		15.82	24.30	56	0.559	214.96
	25	13.52	18.68	27	0.891	225.12
		14.33	20.96	37	0.798	239.65
		14.93	24.91	45	0.707	263.02
		15.42	26.59	51	0.629	257.89
		15.82	28.74	56	0.559	254.20
Elipsical	15	13.52	18.02	27	0.891	217.12
		14.33	20.34	37	0.798	232.62
		14.93	22.17	45	0.707	234.06
		15.42	23.68	51	0.629	229.59
		15.82	25.56	56	0.559	226.07
	20	13.52	20.15	27	0.891	242.85
		14.33	22.43	37	0.798	256.53
		14.93	24.52	45	0.707	258.89
		15.42	26.19	51	0.629	253.97
		15.82	28.26	56	0.559	250.00
	25	13.52	20.81	27	0.891	250.74
		14.33	23.71	37	0.798	271.17
		14.93	26.21	45	0.707	276.75
		15.42	27.88	51	0.629	270.32

		15.82	30.80	56	0.559	272.45
Triangular	15	13.52	16.35	27	0.891	197.03
		14.33	18.36	37	0.798	209.92
		14.93	19.93	45	0.707	210.44
		15.42	21.29	51	0.629	206.42
		15.82	22.98	56	0.559	203.30
	20	13.52	17.55	27	0.891	211.51
		14.33	19.68	37	0.798	225.11
		14.93	21.37	45	0.707	225.57
		15.42	22.82	51	0.629	221.26
		15.82	24.62	56	0.559	217.82
	25	13.52	19.61	27	0.891	236.31
		14.33	22.33	37	0.798	255.40
		14.93	23.93	45	0.707	252.63
		15.42	25.49	51	0.629	247.19
		15.82	27.56	56	0.559	243.79



Grafik 4.4 daya yang dihasilkan oleh kite sail

4.4.4 Efek pertambahan kecepatan pada kapal

Dengan adanya gaya tambahan pada kapal, maka apabila kapal beroperasi pada kecepatan tetap dan tahanan tertentu, gaya tersebut akan mengurangi tahanan dari kapal, dikarenakan untuk beroperasi dengan kecepatan yang sama, kapal bisa menurunkan

kecepatan sehingga bisa menurunkan kerja dari engine, sehingga secara teori kapal akan bergerak lebih lambat, namun kecepatan yang hilang akan tergantikan karena adanya gaya Tarik tambahan dari kite sail.

Dicontohkan saja dalam kasus ini, sebagai perbandingan digunakan 3 kapal perbandingan untuk melihat seberapa efek yang diberikan dengan penggunaan kite sail dengan spesifikasi seperti di table. 4.18 . Dari data tersebut untuk melihat pengaruh kite sail pada kapal, bisa dilihat dengan mengitung persentase daya yang mampu dicover oleh kite sail terhadap EHP dari kapal dimana EHP adalah Daya Efektif atau daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v , dengan persamaan berikut :

$$\text{EHP} = R_t \times v$$

Dimana

R_t = tahanan kapal total (kN)

V = kecepatan kapal (m/s)

Tabel 4.18 data kapal yang diuji

	kapal 1	Kapal 2	Kapal 3
Tipe Kapal	OIL CARRIER	Container	General Cargo
LPP	93.83 m	85 m	130 m
B	18 m	13.2 m	21 m
H	10.3 m	7.3 m	15 m
T	7.413 m	5.9 m	8 m
Vs	12.9 knot	12 knot	11.7 knot
Tahanan (R_t)	208.63 kN	129.59 kN	367.45 kN
trust Deduction Factor	0.268	0.2684	0.2688
EHP	1372.57677	793.0908	2192.57415
Daya Engine	2600 kW	1750 kW	4153 kW

Dari data tersebut untuk melihat pengaruh kite sail pada kapal, bisa dilihat dengan mengitung persentase daya yang mampu dicover oleh kite sail terhadap EHP dari kapal dimana EHP adalah Daya Efektif atau daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v . Selain itu bisa juga dengan melihat besarnya daya yang dihasilkan oleh engine untuk menggerakkan kapal pada tahanan yang dikurangi thrust tambahan yang dihasilkan oleh kite sail (gaya horizontal yang bekerja pada kapal). Dimana untuk cara pertama didapat hasil sebagai berikut , dimana dalam kasus ini digunakan daya yang dihasilkan layar terbesar, yaitu 276.75 kW (elipsical, AoA 25, Vwind 14.93 m/s)

Tabel 4.19 hasil perhitungan cover daya

no	Kapal	EHP (kW)	Daya Kite sail (kW)	cover daya (%)
1	Kapal 1	1372.58	276.75	20.16280663
2	Kapal 2	793.091	276.75	34.89512172
3	kapal 3	2192.57	276.75	12.62215009

Untuk mencari tahu seberapa besar pertambahan kecepatan dari kapal, maka apabila kapal menggunakan kite sail tersebut akan mendapatkan gaya dorong sebesar gaya horizontal yang bekerja pada kapal akibat kite sail, dimana pada variasi kite sail dengan daya terbesar memiliki gaya tarik horizontal sebesar 18.53 kN didapatkan dengan persamaan

$$H_{pull} = P/V_{wind}$$

Dari adanya gaya tersebut terjadi mendapat pengurangan tahanan kapal dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$T = R_t / (1 - t)$$

dimana

T = Thrust (kN)

R_t = tahanan kapal total (kN)

t = thrust deduction factor

lalu tahanan yang baru dimasukkan dalam perhitungan EHP untuk mendapatkan kecepatan baru dimana dari gap antara kecepatan baru dan sebelumnya merupakan pertambahan kecepatan yang dihasilkan seperti pada table berikut :

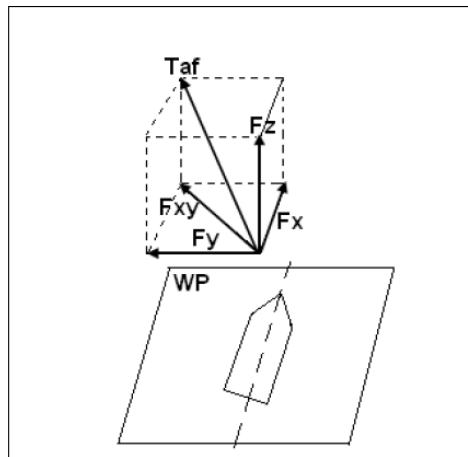
Tabel 4.20 hasil perhitungan pertambahan kecepatan

no	Kapal	Tahanan (kN)	thrust deduction factor	H_{pull}	pengurangan tahanan	R_t baru	V_s baru	Pertambahan kecepatan
1	Kapal 1	208.63	0.268	18.53294609	13.56611654	195.0639	13.79716	0.897156871
2	Kapal 2	129.59	0.2684	18.53294609	13.55870336	116.0313	13.40225	1.402246161
3	kapal 3	367.45	0.2688	18.53294609	13.55129018	353.8987	12.14801	0.448009814

Dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa untuk layar tersebut apabila dioperasikan diperairan Indonesia dengan rute Batam – Surabaya dengan kecepatan angin 13.52 hingga 15.82 m/s akan lebih cocok untuk digunakan pada kapal 2 dimana mampu

mengcover daya yang cukup signifikan dimana dari gaya Tarik horizontal yang dihasilkan mampu memberikan tambahan kecepatan hingga 1.4 knot. Layar ini tidak cocok digunakan kapal 1 dan 3 dimana efek yang dihasilkan tidak signifikan

4.4.5 Pengaruh terhadap direksi kapal



Gambar 4.30 gambar arah gaya pada water plan

Dari gambar tersebut, bisa dilihat Taf merupakan gaya total aerodinamik, Fz merupakan gaya lift, dan Fxy adalah gaya drag. Fy merupakan arah gaya yang mempengaruhi arah kapal pada sumbu y, dan Fx merupakan gaya yang meengaruhi kapal dengan arah yang sama dengan direksi kapal, dimana besar Fx dan Fy adalah :

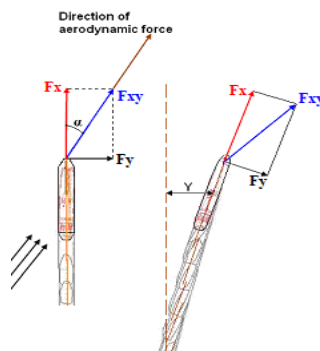
$$F_{xy} = D$$

$$F_x = D \sin \alpha$$

$$F_y = D \cos \alpha$$

Dimana α merupakan sudut araha datangnya angin terhadap aksis arah tujuan kapal.

Pada aplikasi di kapal dimana kapal tersebut tidak bergerak, kapal akan bergerak secara perlahan mengikuti arah datangnya angin.



Gambar 4.36. contoh penyimpangan arah kapal

Pada contoh dimana kapal menggunakan layar rectangular dengan AoA 25°, memiliki gaya drag sebesar 11.02 kN (1102 N), dengan arah datangnya angin :

Titik 1 : 21 derajat dari portside (201 derajat)

Titik 2 : 57 derajat dari portside (237 derajat)

Titik 3 : searah dengan arah kapal (90 derajat)

Titik 4 : 62 derajat dari arah starboard (298 derajat)

maka besarnya F_y dan F_x adalah sebagai berikut (titik 1) :

$$F_x = F_{xy} \sin \alpha$$

$$= 16068 \times \sin (90 - 21)$$

$$= 16068 \times \sin 69$$

$$= 16068 \times 0.93$$

$$= 15001 \text{ N} = 15.001 \text{ kN}$$

$$F_y = F_{xy} \cos \alpha$$

$$= 16068 \times \cos 69$$

$$= 16068 \times 0.358$$

$$= 5758 \text{ N} = 5.758 \text{ kN}$$

Nilai F_x memiliki hasil yang lebih besar dari pada F_y , namun pada kapal tidak bergerak tanpa dipengaruhi oleh posisi rudder maka kapal akan bergerak ke arah kanan (starboard). Untuk hasil pada variasi arah datangnya angin lainnya adalah sebagai berikut (Rectangular, AoA 25°, Vwind 15.82 m/s) :

Table 4.21. besar gaya F_x dan F_y dan penyingkapan dari kapal

Arah Datang Angin (°)		α (°)	F_{xy} (kN)	F_x	F_y	arah kapal
90	Stern	90	16.06827	16.06827	0	bow
21	Portside	69	16.06827	15.001	5.758	kanan
57	Portside	33	16.06827	8.751	13.476	kanan
62	Starboard	28	16.06827	7.543	14.187	kiri

Apabila kapal dalam keadaan dalam kecepatan tetap, maka untuk bergerak sesuai dengan arah kapal, terdapat gaya yang dihasilkan oleh rudder sebesar F_y untuk menjaga arah kapal tidak melenceng dari direksi awal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dengan tujuan awal untuk mengetahui distribusi aliran fluida yang terjadi pada kite sail dengan focus pada gaya aerodinamik yang dihasilkan berdasarkan perbedaan bentuk dari kite sail tersebut, maka dari analisa yang dilakukan pada bab sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa ketika layar kite sail diseranng oleh angin, maka aliran angin sekitar kite sail akan mengalami perubahan kecepatan, dimana pada bagian bawah kite sail kecepatan angin lebih rendah dbandingkan bagian atas kite sail. Sedangkan pada kite sail terjadi perbedaan tekanan dimana pada bagian bawah kite sail mengalami tekanan ke atas lebih besar dibandingkan tekanan ke bawah pada bagian atas kite sail
2. Dari hasil simulasi, didapat besarnya gaya lift dan drag dari msing masing layar sebagai berikut :
 - Kite sail berbentuk Rectangular menghasilkan gaya lift hingga 263.02 kW dan gaya drag sebesar pada saat AoA 25° dengan kecepatan angina 15.82 m/s
 - Kite sail berbentuk elipsical menghasil gaya lift hingga 276.75 kW dan gaya drag sebesar pada AoA 25° dengan kecepatan angina 15.82 m/s
 - Kite sail berbentuk triangular menghasil gaya lift hingga 252.63 kW dan gaya drag sebesar pada AoA 25° dengan kecepatan angina 15.82 m/s
 -
3. Apabila gaya yang dihasilkan dari masing masing bentuk kite sail dikonversi menjadi daya, dalam tugas akhir ini yang diaplikasikan pada kecepatan angin laut di rute Batam –Surabaya,dengan ketinggian operasi yang ditntukan antara 100 – 300 m , dimana :
 - Kite sail berbentuk Rectangular menghasilkan daya hingga 263.02 kW pada saat AoA 25° dengan kecepatan angina 14.93 m/s dengan sudut β 45°
 - Kite sail berbentuk elipsical menghasil daya hingga 276.75 kW pada AoA 25° dengan kecepatan angina 14.93 m/ dengan sudut β 45°
 - Kite sail berbentuk triangular menghasil daya hingga 252.63 kW pada AoA 25° dengan kecepatan angina 14.93 m/ dengan sudut β 45°
4. Ketika diaplikasikan pada kapal yan dijadikan referensi, dimana digunakan kite sail dengan daya terbesar yaitu 276.75 kW, didapatkan hasil pada kapal dengan EHP 1372.58 kW , daya tersebut mampu mengcover hingga 20.16 % daya, lalu kapal dengan EHP 793 kW mmpu mengcover 34.89 % daya, dan kapal dengan EHP 2192

kW mampu dicover 12.62 % daya. Dilihat dari pertambahan kecepatan yang dihasilkan, kite sail tersebut bisa digunakan pada kapal 2 dimana mampu meningkatkan kecepatan hingga 1.4 knot. Hasil tersebut bisa berubah sesuai dengan kecepatan angin pada rute yang dialui kapal.

5.2 Saran

Tugas akhir ini masih memiliki banyak kurang dalam pengerjaannya, maka dari itu perlu adanya penelitian lebih dalam mengenai :

1. Penelitian mengenai tegangan tali dan pemilihan kite rope dan bagaimana pengaruhnya terhadap gaya yang dihasilkan oleh kite sail untuk didistribusikan ke kapal sebagai sistem propulsi pada kapal
2. Penelitian lebih dalam mengenai sistem control dari kite sail
3. Penelitian mengenai dampak aplikasi dari kite sail terhadap pengurangan konsumsi bahan bakar dari kapal

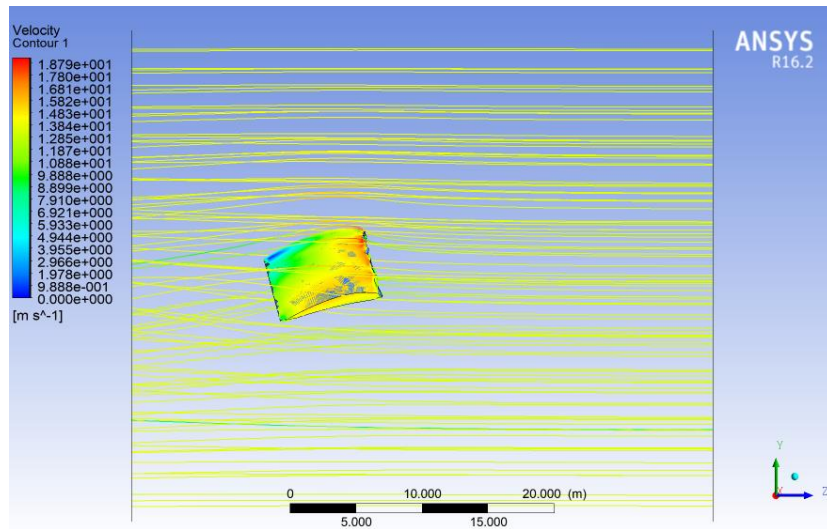
DAFTAR PUSTAKA

- Naaijen, Peter. (2013). Performance of Auxilliary Wind Propulsion for Menrchant Ships Using a Kite.
- Grosan., Nicolae & D. Dumitru. (2013). Consideration Regarding Kite Towed Ship's Manouvering
- Traut M. , Gilbert P. , Walsh C. , Bows A., Filippone A. , Stansby P., Wood R. 2013. Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes. Elsevier Journal ; 365 -366
- Putra, Tutut Cahya , Murdijanto, Nasirudin, Ahmad. 2010 Analisis Pengaruh Bentuk Layar terhadap Kontribusi Kecepatan yang dihasilkan oleh KM. Belitung dengan Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics)
- .Febrianto, Chepy. 2012. Perancangan Layar Berbentuk Foil untuk Kapal General Cargo 133 M.
- Fritz Falco. 2013. Application of an Automated Kite System for Ship Propulsion and Power Generation; 2- 10
- Tri Hartanto, Sarjito, Nur Aklis. 2015. Analisa Aerodinamika Flap dan Slat pada Airfoil NACA 2410 terhadap Koefisien Lift dan Koefisien Drag dengan Metode Computational Fluid Dynamic.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

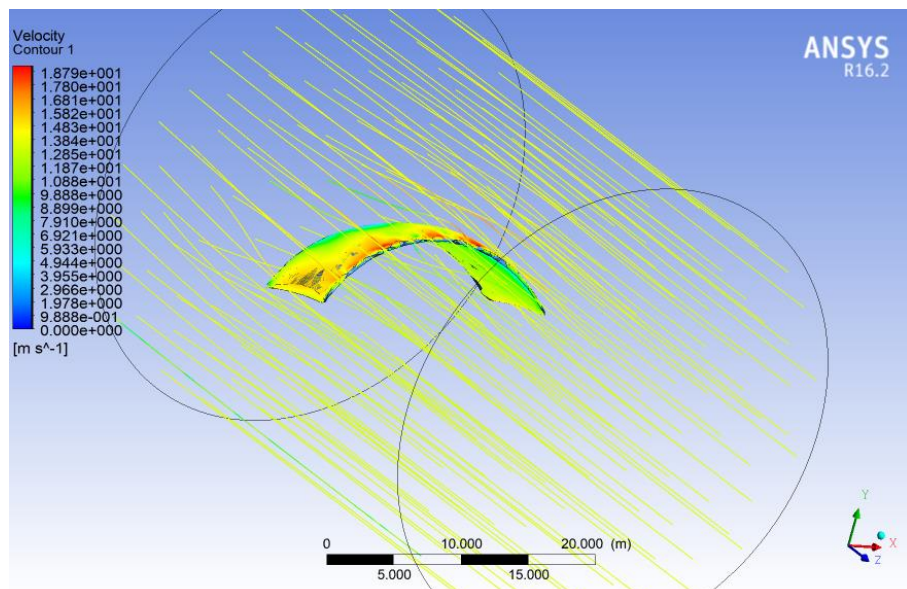
LAMPIRAN

- Hasil Simulasi Kite Sail Rectangular AoA 15°



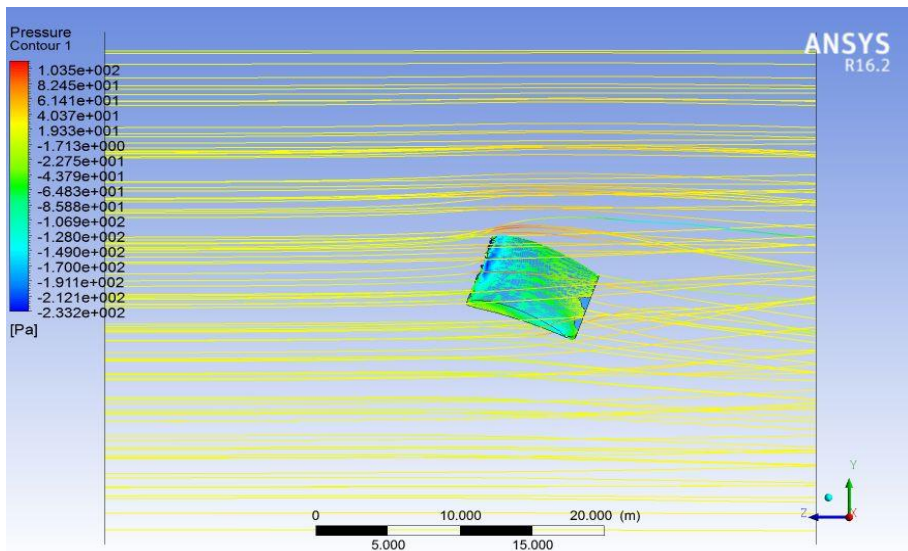
Gambar

1 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 15°

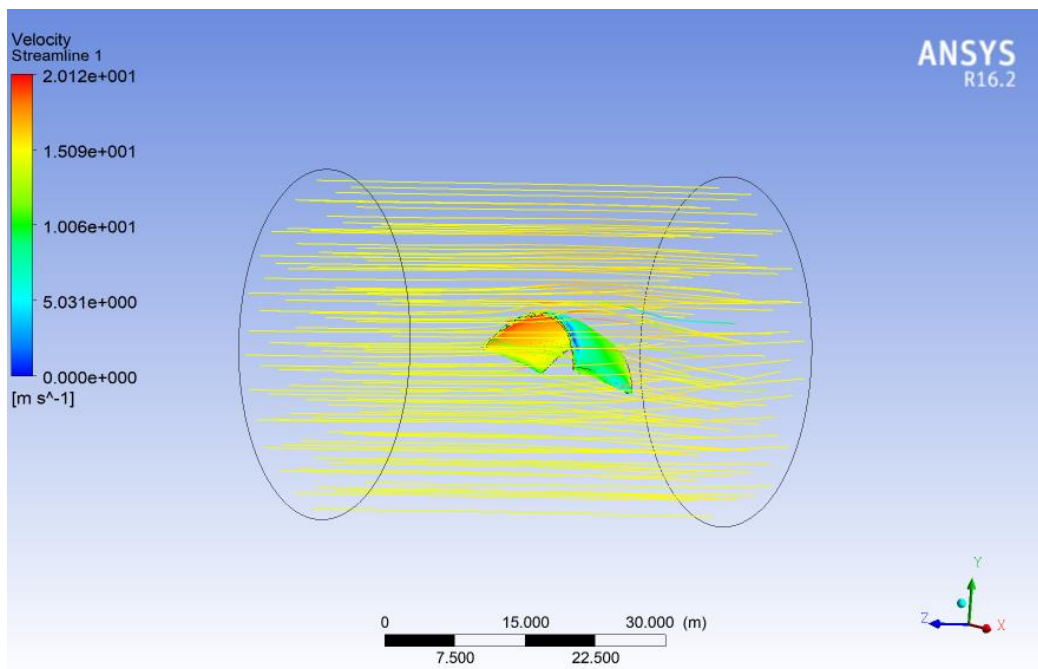


Gambar 2 . tampak 3D kite foil rectangular dengan sudut serang 15°

- Hasil Simulasi Kite Sail Rectangular AoA 20°

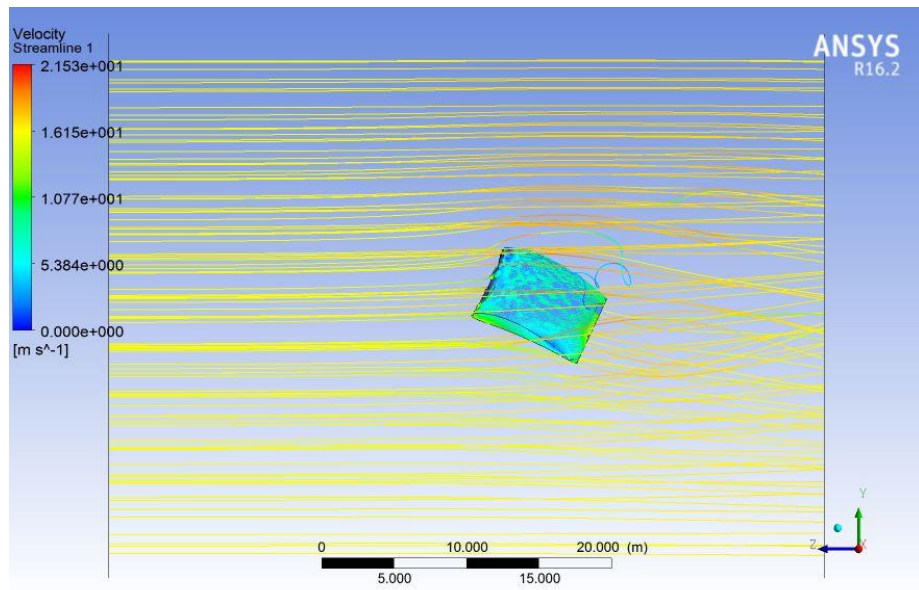


Gambar 3 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 20°

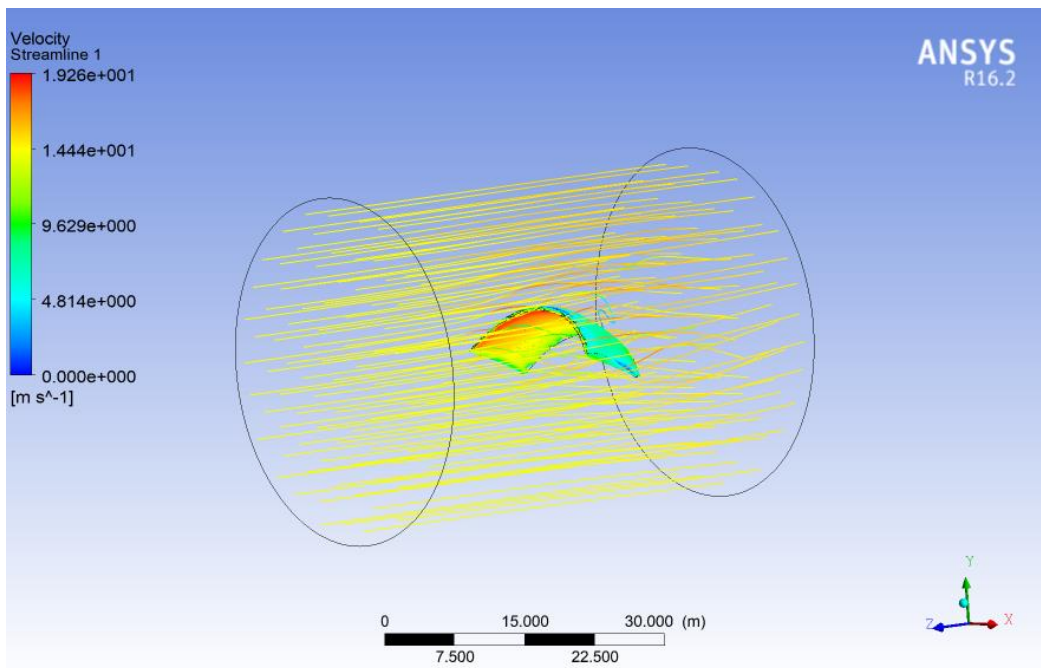


Gambar 4 . tampak 3D kite foil rectangular dengan sudut serang 20°

- Hasil Simulasi Kite Sail Rectangular AoA 25°

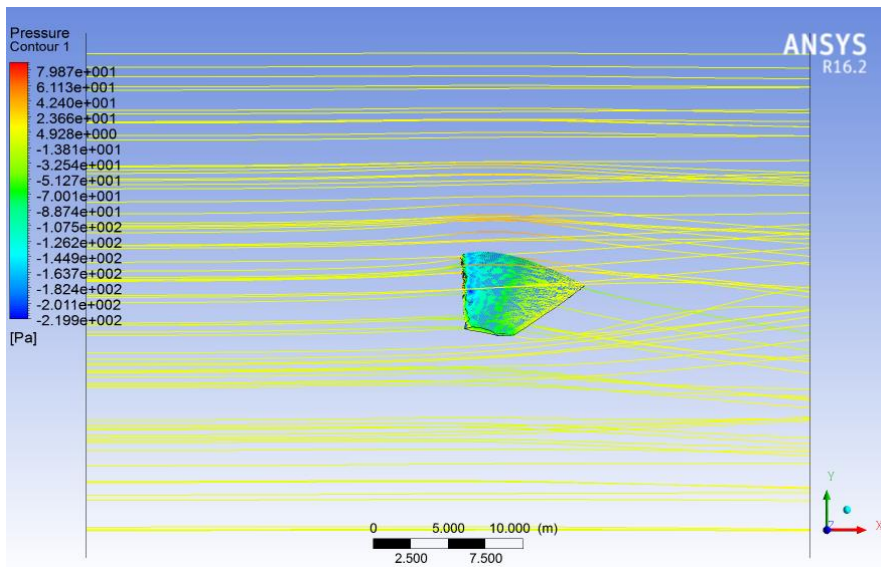


Gambar 5 . tampak samping kite foil rectangular dengan sudut serang 25°

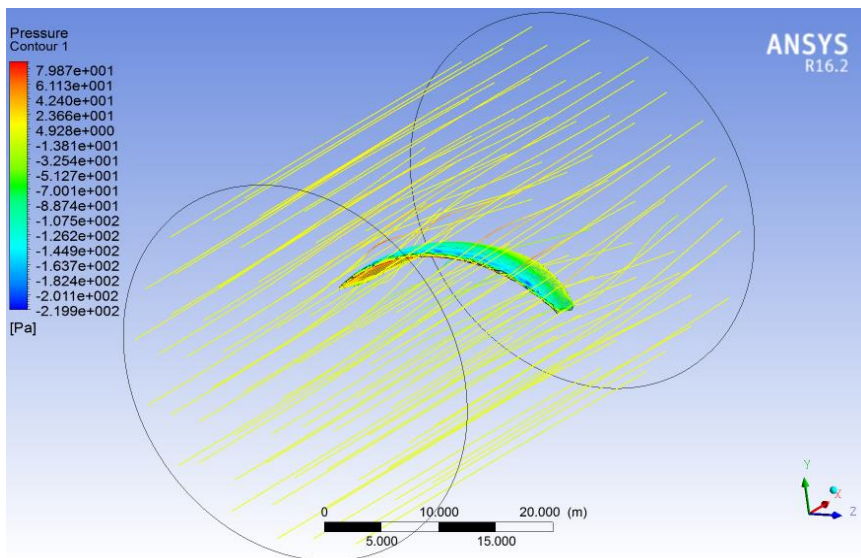


Gambar 6 . tampak 3D kite foil rectangular dengan sudut serang 25°

- Hasil Simulasi Kite Sail Elipsical AoA 15°

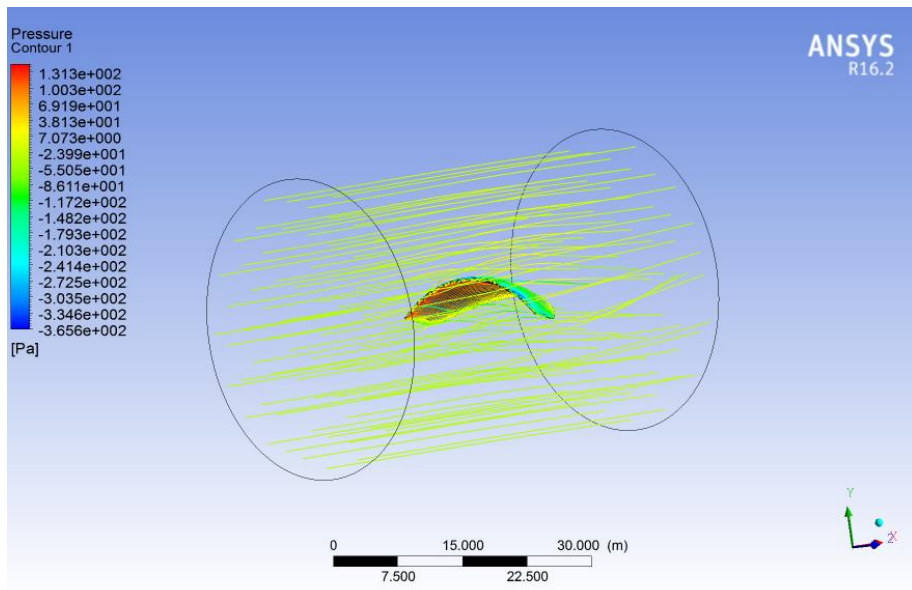


Gambar 7 . tampak samping kite foil elipsical dengan sudut serang 15°

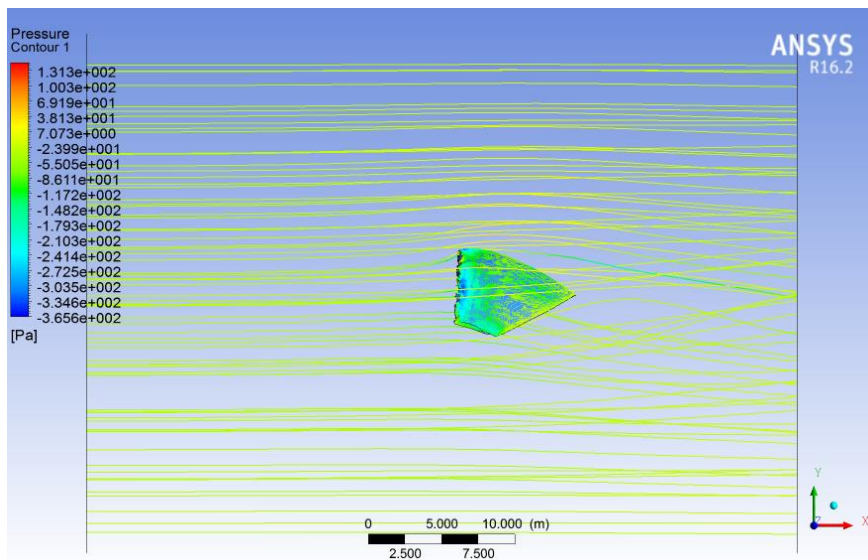


Gambar 8 . tampak 3D kite foil elipsical dengan sudut serang 15°

- Hasil Simulasi Kite Sail Elipsical AoA 20°

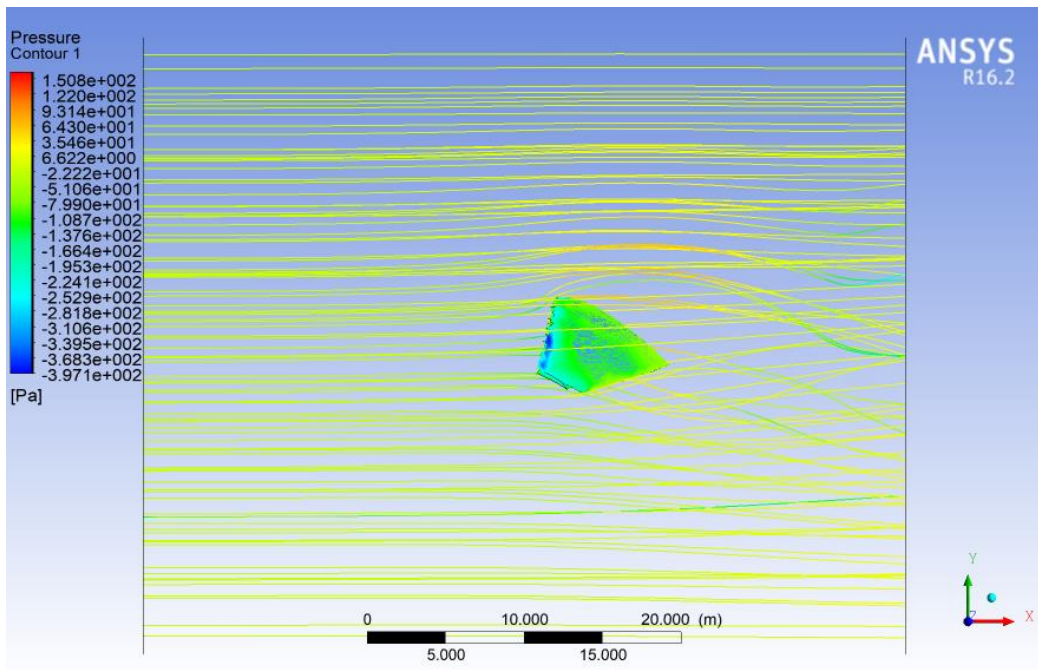


Gambar 9 . tampak samping kite foil elipsical dengan sudut serang 20°

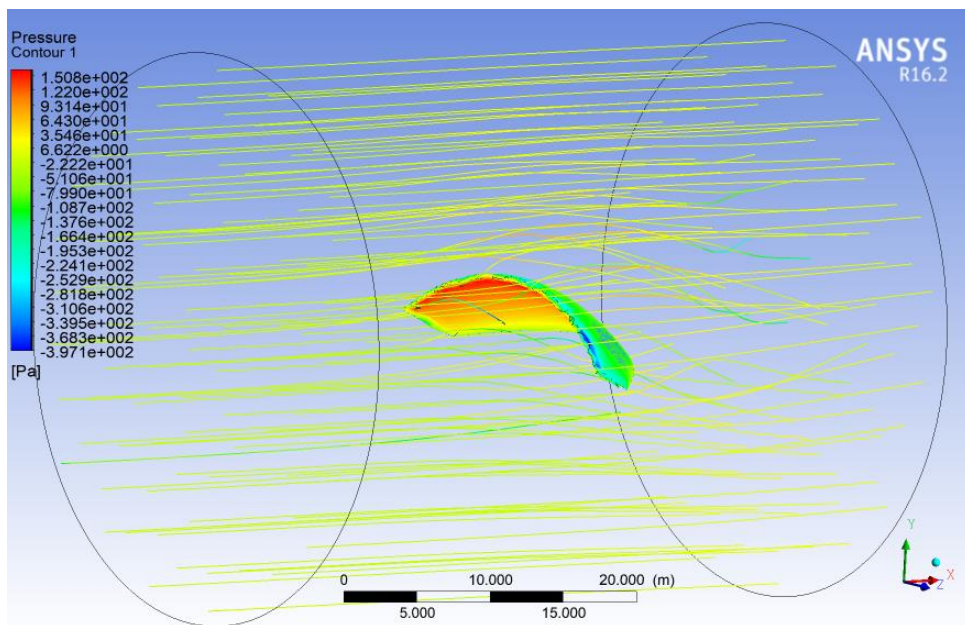


Gambar 10 . tampak 3D kite foil elipsical dengan sudut serang 20°

- Hasil Simulasi Kite Sail Eipsical AoA 25°

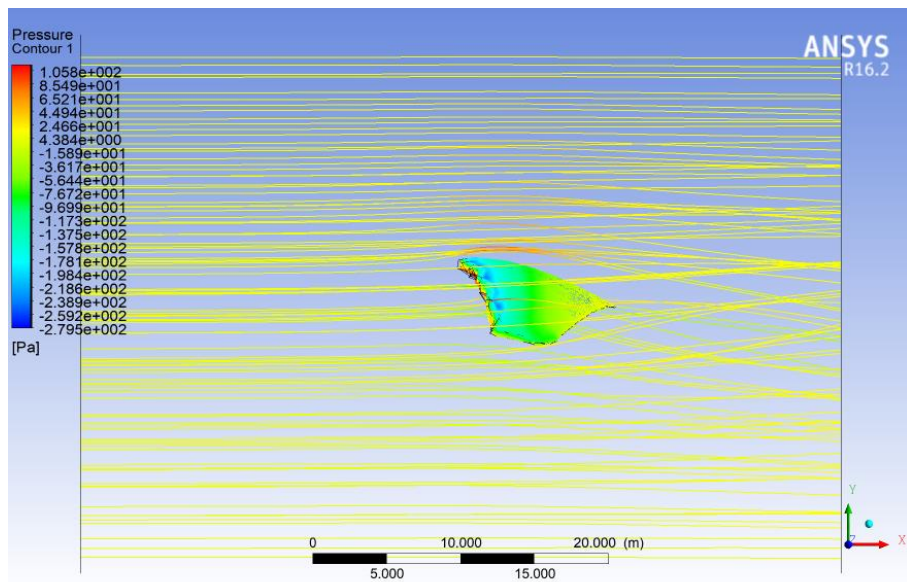


Gambar 11 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 25°

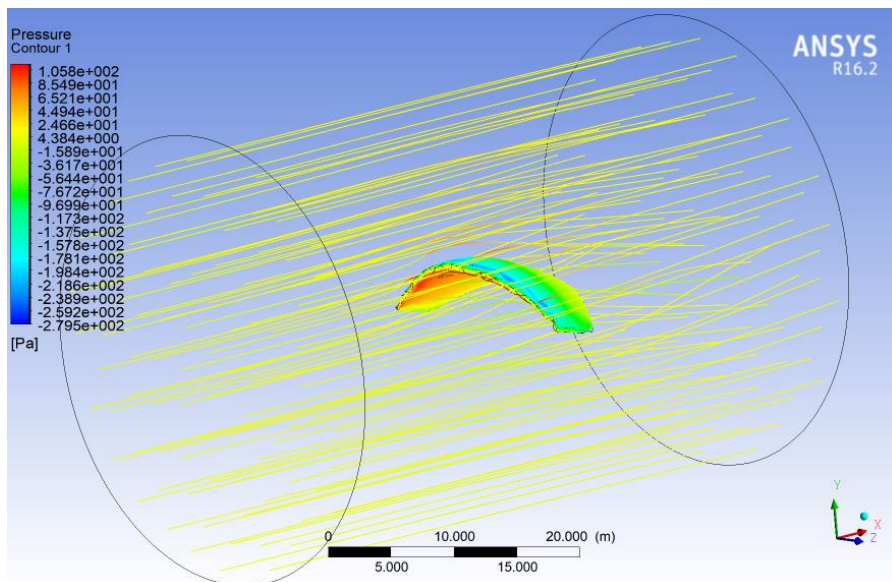


Gambar 12 . tampak 3D kite foil triangular dengan sudut serang 25°

- Hasil Simulasi Kite Sail Triangular AoA 15°

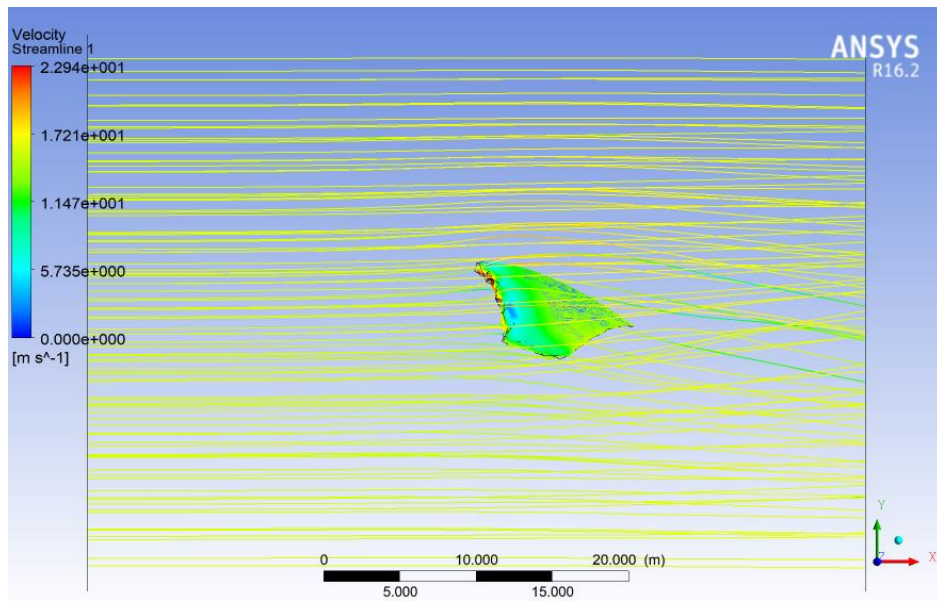


Gambar13 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 15°

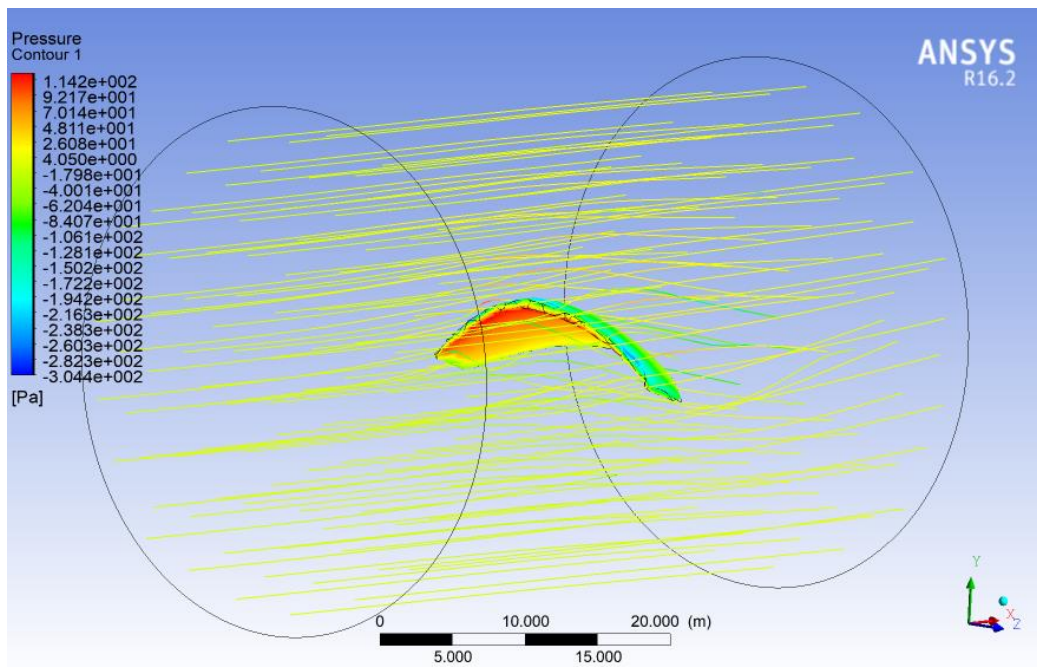


Gambar 14 . tampak 3D kite foil trianguar dengan sudut serang 15°

- Hasil Simulasi Kite Sail Triangular AoA 20°

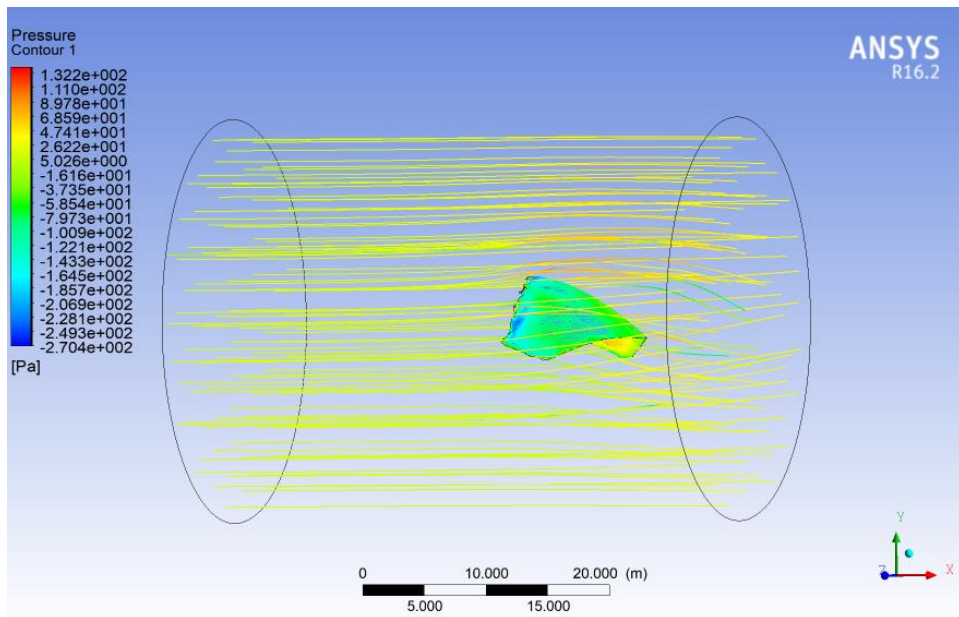


Gambar 15 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 20°

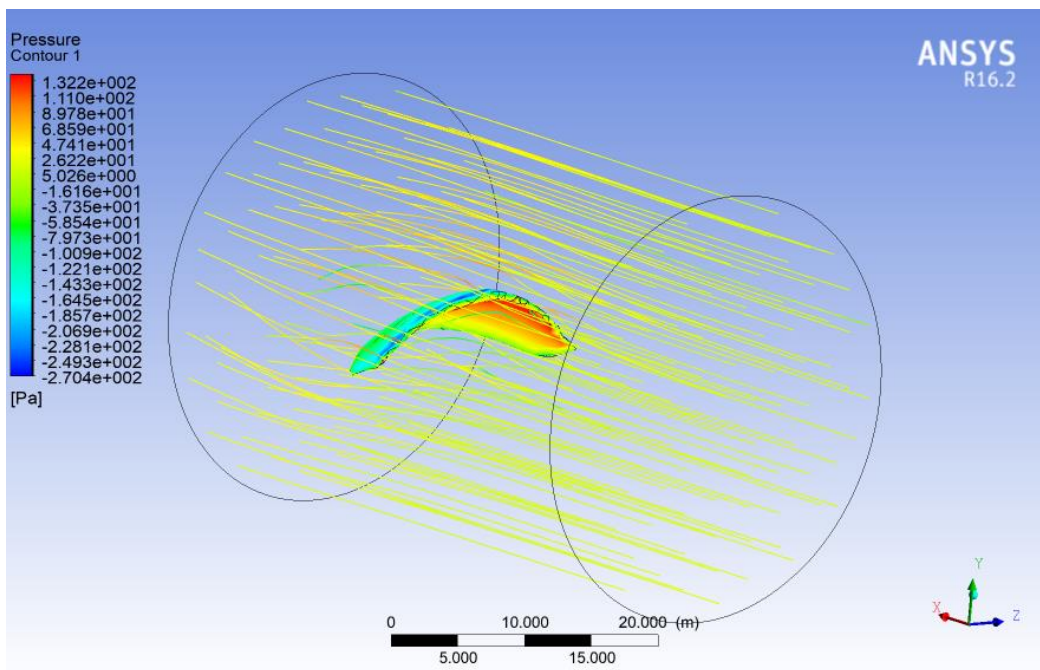


Gambar 16 . tampak 3D kite foil triangular dengan sudut serang 20°

- Hasil Simulasi Kite Sail Triangular AoA 25°



Gambar 17 . tampak samping kite foil triangular dengan sudut serang 25°



Gambar 18 . tampak 3D kite foil triangular dengan sudut serang 25°

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Balikpapan, 6 Agustus 1996 dan merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara dimana merupakan satu satunya anak laki laki di keluarga penulis. Penulis menempuh pendidikan formal yaitu TK Islam Istiqomah, dilanjutkan menemuh jenjang sekolah dasar di SD Nasional KPS. Dilanjutkan SMP Nasional KPS dan setelah lulus, bersekolah di SMA Negeri 1 Balikpapan. Penulis melanjutkan studinya ada tahun 2013 dengan diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS melalui jalur SNMPTN.

Selama menuntut Ilmu di ITS , Penulis Aktif di kegiatan minat bakat pada salah satu UKM bela diri di ITS, yaitu Kendo yang mana diarenakan faktor kesehatan penulis berfokus untuk mengurus managerial UKM tersebut. Di tahun ke 4 studinya, penulis merupakan member tugas akhir di salah satu lab di jurusan Teknik sistem Perkapalan, yaitu Lab Marine Manufacture and Design.